Leitfaden

der

mathematischen und allgemeinen physischen

Geographie

von

Dr. J. H. Mädler,

Kaiserl. Russ. Hofrath, Ritter des St. Annenordens, ordentlichem Professor der Astronomie und Director der Sternwarte zu Dorpat.



Stuttgart und **Tübingen.**

J. G. Cotta'scher Verlag.

1843.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.

Vorerinnerung.

In gegenwärtigem Leitfaden war es meine Absicht, die Lehren der mathematischen und allgemeinen physischen Geographie so darzustellen, wie sie sich nach den neuesten Forschungen gestaltet haben, ohne jedoch dabei mehr vorauszusetzen, als die Elemente der Geometrie, Trigonometrie und Algebra; so daß es für die mittlern Klassen der Gymnasien und höhern Bürgerschulen als Lehrbuch brauchbar, und zugleich dem Selbststudium dienlich seyn könne. Man wird darin von den Hülfswissenschaften nur so viel finden, als zum Verständniß des Vorgetragenen unentbehrlich war; also z. B. keinen Abriß der Astronomie oder doch des Sonnensystems, keine Optik oder Physik in nuce, da alles dieß einer gesonderten Behandlung bedarf und ich vor einer encyclopädischen Breite mich hüten zu müssen glaubte, vielmehr nur das wirklich zur Sache Gehörende aufnahm. Für die in der Geographie vorkommenden Berechnungen ist das Detail möglichst ausführlich gegeben; eben so habe ich den Veränderungen, welche der Erdkörper erlitten hat, einen eignen Abschnitt gewidmet; und man wird ungeachtet der mäßigen Bogenzahl doch hoffentlich nichts

Wesentliches vermissen, vielmehr Manches finden, was in ähnlichen Werken theils gar nicht, theils zu kurz oder in einer jetzt veralteten Gestalt vorzukommen pflegt.

Veranlassung zur Ausarbeitung dieses Leitfadens waren die Vorträge, welche ich über diesen und verwandte Gegenstände seit mehreren Jahren in Berlin und Dorpat gehalten habe. Ich fand kein Werk, was mich in Bezug auf Auswahl, Anordnung und Behandlung des Stoffes ganz befriedigt hätte, wobei ich natürlich nur den oben von mir aufgestellten Gesichtspunkt verstehe; denn daß wir in andern Beziehungen höchst klassische Bearbeitungen dieses Gegenstandes besitzen, verkenne ich keineswegs. Ob ich durch gegenwärtige Arbeit einem wirklichen Bedürfnisse entsprochen habe, mögen sachkundige Beurtheiler entscheiden.

Bei dem Bestreben, überall so viel als möglich die neuesten und schärfsten Data zu geben, würde ich es bedauern müssen, daß die neueste Bessel'sche Bestimmung der Erdfigur mir nicht zeitig genug zuging, um die Formeln und Tabellen darnach umrichten zu können, wenn nicht die Abweichung zwischen beiden Bestimmungen so gering wäre, daß keine der aufgeführten Zahlen erheblich geändert wird. Aus dem hier Folgenden wird man alles dahin Gehörende leicht ableiten können.

Die §. 46 gegebenen Formeln erhalten die im Jahr 1837 von Bessel gefundenen Resultate seiner Berechnung. Später entdeckte er einen Fehler nicht in seiner Arbeit, sondern in den Formeln, nach denen Delambre ein Dreieck der französischen Gradmessung

berechnet hatte. Da hierdurch ein zum Grunde gelegtes Datum geändert werden mußte, so wiederholte Bessel 1841 die Rechnung und fand das Verhältniß der Axen 299,1528 : 298,1528 statt wie früher 300,7047 : 299,7047. Indeß ist der wahrscheinliche Fehler noch immer dreimal so groß, als der Unterschied der Resultate von 1837 und 1841. Die übrigen Daten stellen sich hiernach folgendergestalt, wobei die Bezeichnungen in demselben Sinne wie §. 46 zu nehmen sind.

Erdquadrant in Metern 10000858,76.
Halbe große Axe = 3272077,14.
Halbe kleine Axe = 3261139,33.

Meridiangrad = 57013',109 — 286,337 cos. 2 φ + 0,611 cos. 4 φ + 0,001 cos. 6 φ.

Grad des Parallels = 57156,285 cos. φ — 47,825 cos. 3 φ + 0,060 cos. 5 φ.

$$\frac{\omega}{r'} = 0'',06314417 + 0'',0003174 \cos. 2\varphi + 0''00000013 \cos. 4\varphi.$$

$$\frac{\omega}{r'} - 0'',06293257 + 0'',00010536 \cos. 2\varphi - 0'',00000004 \cos. 4\varphi.$$

$$\log. e = 8.9122052.$$

$$\log. \frac{\omega}{r'} = 8.8025099.6 + 3 \log. \cos. \psi.$$

$$\log. \frac{\omega}{r'} = 8.7796016.0 + \log. \cos. \psi.$$

$$\frac{\omega}{r''} = 0'',06303837 + 0'',00031714 \cos. 2\varphi + 0'',00000004 \cos. 4\varphi + (0'',00010580 + 0'',00010536 \cos. 2\varphi - 0,00000009 \cos. 4\varphi) \cos. 2\alpha.$$

$$\log. \varrho \sin. \varphi' = \log. \sin. \varphi - \log. \cos. \psi - 0,0029083.6$$

Der Halbmesser des Aequators ist also nach der neuen Rechnung 123 Toisen und der des Pols 66 Toisen größer als nach der früheren Rechnung, was resp. $\frac{1}{25000}$ und $\frac{1}{49000}$ der ganzen Größe beträgt,

und die Abplattung hat sich um 57 Toisen, oder etwa um ihren 195sten Theil vermehrt. Es wird leicht seyn, hiernach die kleinen Correctionen der Tabellen, wenn es nöthig gefunden werden sollte, vorzunehmen: man wird sie meistens erst bei der 6ten und höheren Decimalen anzubringen haben.

Im physischen Theile habe ich das die Meteorologie betreffende etwas ausführlicher als gewöhnlich geben zu müssen geglaubt, und man wird auch hier die neuesten Untersuchungen, so weit sie in meinem Plane lagen, nicht vermissen. Nur die Beschreibung und Gebrauchsanweisung der Instrumente mußte, was das Detail betrifft, den Lehrbüchern der Physik überlassen bleiben.

Zum Schlusse habe ich eine Tabelle hinzugefügt, welche zwar nur eine mäßige Anzahl von Orten, für diese aber, so viel als möglich vollständig, die geographischen, hypsometrischen und thermischen Constanten angibt. Die fortwährende Berichtigung, Ergänzung und Vervollkommnung dieser Tafel werde ich mir besonders angelegen seyn lassen, um etwanige künftige Auflagen in Wahrheit verbesserte nennen zu können.

Dorpat im Juli 1842.

Der Verfasser.

Inhalt.

Mathematische Geographie.

Physische Geographie.

Mathematische Geographie.

§. 1.

Gegenstand der mathematischen Geographie ist: Bestimmung der Größe, Gestalt, Masse, Dichtigkeit der Erde, nebst ihrer Weltstellung, und Bestimmung der Lage einzelner Punkte derselben in Bezug auf gewisse feste Punkte und Linien ihrer Oberfläche. Insofern sie dieses lehrt, ist sie messende Geographie; sie beschäftigt sich aber auch mit Darstellung der gemessenen Gegenstände in körperlichen und Flächenbildern.

Da diese Bestimmungen nicht ohne Beihülfe astronomischer Operationen erhalten werden können, so werden die Grundbegriffe der Astronomie vorausgeschickt werden müssen, doch nur in so weit sie sphärische Astronomie ist und bei den Messungen unmittelbar in Betracht kommt, denn die Bestimmungen über die Bahn der Erde, des Mondes und anderer Weltkörper, welche die mathematische Geographie zum richtigen Verständniß ihrer Lehren bedarf, entlehnt sie aus der theoretischen Astronomie, welche eine selbstständige Behandlung nothwendig macht.

§. 2.

Wir erblicken die Gestirne, so weit unser jedesmaliger Standpunkt eine Umsicht gestattet, nach allen Seiten um uns herum, ohne über ihre Entfernung im voraus urtheilen zu können. Daher ist es am natürlichsten, sich eine

Kugel vorzustellen, in deren Mittelpunkt der Beschauer steht, und die Gestirne als Punkte an der Oberfläche dieser Kugel von unbestimmtem Durchmesser zu betrachten. Wir sehen sie innerhalb 24 Stunden in parallelen Kreisen sich bewegen; es gibt folglich zwei solcher Punkte, Pole genannt, zwischen welchen, als ihr größter Kreis, der Aequator sich herumzieht. Die beiden Pole werden als Nord- und Südpol unterschieden, die sie verbindende Linie heißt Weltachse.

§. 3.

Man hänge einen schweren Körper an einen Faden frei auf, so wird der gespannte Faden, wenn sich der Körper in Ruhe befindet, diejenige Richtung bezeichnen, welche die fallenden Körper nehmen und die wir die senkrechte nennen. Durch sie wird ein Punkt des Himmels als Scheitelpunkt (Zenith) bezeichnet, und der größte Kreis dieses Punktes ist der Horizont. Er trennt, wenn wir uns in einer freien Ebene befinden, die jedesmalige sichtbare Hälfte des Himmels von der unsichtbaren; ist die uns umgebende Gegend nicht eben, oder befindet sich das Auge ober- oder unterhalb der Ebene, so muß man den scheinbaren Horizont vom wahren unterscheiden, der jederzeit einen größten Kreis bildet und vom Zenith überall gleich weit entfernt ist. Die Ebene dieses wahren Horizonts ist uns in der Natur am vollkommensten durch die Fläche eines weiten, ruhigen Wassers gegeben, daher sie auch wasserrechte (wagerechte) Ebene genannt wird.

Die Beobachtungen zeigen, daß die senkrechte oder Vertikallinie mit der Weltachse, und also auch der Horizont mit dem Aequator, in demselben Erdorte stets denselben Winkel bilden.

§ 4.

Man ziehe nach irgend einem Punkte O des Himmels eine Linie, so wird diese einen Winkel mit der Horizontalebene, und dieser Winkel heißt die Höhe des Punktes O. Der Winkel, welchen diese Linie mit der Vertikallinie macht, ist die Zenithdistanz. — Höhe und Zenithdistanz machen zusammen stets 90°, und Punkte von gleichen Höhen liegen in einem gemeinschaftlichen Höhenkreise. Die Höhe des sichtbaren Poles an einem gegebenen Orte macht folglich mit der Höhe des Aequators gleichfalls zusammen 90°.

Ein größter Kreis, durch das Zenith und einen Punkt O des Himmels gelegt, steht senkrecht auf die Horizontalebene und heißt Vertikalkreis.

Geht man, statt vom Horizonte und Zenith, vom Aequator und dessen Polen aus, so heißt der Winkel, den eine nach O gezogene Linie mit der Ebene des Aequators macht, die Deklination des Punktes O, und der Winkel dieser Linie mit der Weltachse seine Poldistanz. Deklination und Poldistanz sind also gleichfalls = 90°. Legt man durch den Pol und den Punkt O einen größten Kreis, so heißt dieser der Deklinationskreis des Punktes O, und andere Punkte, welche mit ihm gleiche Deklination haben, liegen in einem gemeinschaftlichen Parallelkreise. —

§. 5.

Legt man durch den Pol und das Zenith eines Erdorts P einen größten Kreis, so ist er Vertikal- und Deklinationskreis zugleich, und dieser größte Kreis heißt Meridian des Ortes P. Die Ebene dieses größten Kreises schneidet die Horizontalebene in eine Linie, Mittagslinie

genannt, deren beide Endpunkte Nordpunkt und Südpunkt, je nach den benachbarten Polen, benannt werden. Normal auf diese Linie steht in der Ebene des Horizonts eine zweite, die Ost-Westlinie, deren Endpunkte Ost und West sind. Wendet man das Auge gegen Süden, so hat man links Osten, rechts Westen. Diese vier Punkte nennt man Cardinalpunkte.

Stundenwinkel heißt derjenige Winkel, den der Deklinationskreis eines gegebenen Punktes mit dem Meridian macht; parallaktischer Winkel hingegen der, den er mit dem Vertikalkreise eben desselben Punktes macht. Beide Winkel sind sphärische, haben im Meridian selbst den Werth Null, und wachsen von da ab nach beiden Seiten hin. Azimuth ist der Winkel des Vertikalkreises mit dem Meridian. Der Stundenwinkel kann zwar, ähnlich wie alle andere, in Bogentheilen des Kreises nach Graden und deren Minuten und Sekunden angegeben werden. Häufiger aber theilt man für ihn und eben so auch für die geraden Aufsteigungen der Sterne den Kreis, statt in 360 Grade, in 24 Stunden, er gibt nun den Winkel in Stunden und deren Minuten und Sekunden an. Eine Stunde enthält also in diesem Sinne 15 Grade, eine Zeitminute 15 Bogenminuten, eine Zeitsekunde 15 Bogensekunden u. s. w., wonach die gegenseitigen Verwandlungen auszuführen sind.

§. 6.

Die gewöhnlichen Bezeichnungen dieser Linien und Winkel sind folgende:

φ = Polhöhe,

δ = Deklination, und p = Poldistanz,

a = Azimuth,

h = Höhe, und z = Zenithdistanz,
t = Stundenwinkel,
q = parallaktischer Winkel,

so daß $\delta + p = 90^0$ und $h + z = 90^0$; und die sphärische Trigonometrie liefert die folgende Grundgleichung:

(1) ... $\sin. h = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t$;

welche, wenn man statt h und δ .... p und z einführt, geschrieben werden kann:

$$\cos. z = \sin. \varphi \cos. p + \cos. \varphi \sin. p \cos. t;$$

hieraus folgt für $t = o$, also wenn der betreffende Punkt im Meridian steht,

(2) ... $\sin. h = \cos. (\varphi - \delta)$; also $h = 90^0 + \delta - \varphi$ und $z = \varphi - \delta$;

so wie für $t = 180^0$, wenn sich der Punkt abermals im Meridian befindet;

(3) ... $-\sin. h = \cos. (\varphi + \delta)$; also $h = \delta + \varphi - 90^0$ und $z = 180^0 - \varphi - \delta$.

Der Theil des Meridians, auf welchen sich die Formel (3) bezieht, liegt zwischen dem sichtbaren Pole und dem gleichnamigen Punkte des Horizonts. Die Formel (2) gilt für den andern (größern) Theil des Meridians. Ein Stern, wenn er sich im Meridian befindet, kulminirt, und zwar gibt die Formel (2) seine Höhe in der obern, die Formel (3) seine Höhe in der untern Kulmination. Die letztere ist nur sichtbar für Sterne, bei denen $\delta + \varphi > 90^0$, und beide Kulminationen sind unsichtbar, wenn $\varphi - \delta > 90^0$, was nur möglich ist, wenn φ und δ verschiedene Zeichen haben.

Befindet sich der Stern im Horizont, so ist h und also auch $\sin. h$ oder $\cos. z = o$, und man hat:

$$o = \sin. \varphi \sin. \delta + \cos. \varphi \cos. \delta \cos. t;$$

folglich: (4) ... $-\cos. t = \text{tang.} - \varphi \text{ tang. } \delta$,

und dieß ist der Werth des Stundenwinkels, bei welchem der Stern auf- oder untergeht. Wird t in Stunden ausgedrückt ($15^\circ = 1^h$), so erhält man den halben Tagbogen des Gestirns, d. h. die Zeit, welche vom Aufgange bis zur Kulmination, so wie von dieser Zeit bis zum Untergange verfließt. Für Sterne, welche stets $\left\{\begin{matrix}\text{über}\\ \text{unter}\end{matrix}\right\}$ dem Horizont bleiben, wird $\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta > \left\{\begin{matrix}+\\ -\end{matrix}\right\} 1$ und folglich für t ein unmöglicher Werth gefunden.

§. 7.

Für die leichtere logarithmische Berechnung der verschiedenen Aufgaben, welche aus der gegenseitigen Abhängigkeit der §. 6 angeführten Größen entspringen, können folgende allgemeine Relationen dienen, welche den sogenannten Gaußischen Formeln entsprechen:

$$\sin.\left(\frac{p+\varphi}{2} - 45^\circ\right) \cos.\ {}^1\!/_2\, t = \cos.\left(\frac{a+q}{2}\right) \sin.\ {}^1\!/_2\, z.$$

$$\sin.\left(\frac{p-\varphi}{2} + 45^\circ\right) \sin.\ {}^1\!/_2\, t = \sin.\left(\frac{a+q}{2}\right) \sin.\ {}^1\!/_2\, z.$$

$$\cos.\left(\frac{p+\varphi}{2} - 45^\circ\right) \cos.\ {}^1\!/_2\, t = \cos.\left(\frac{a-q}{2}\right) \cos.\ {}^1\!/_2\, z.$$

$$\cos.\left(\frac{p-\varphi}{2} + 45^\circ\right) \sin.\ {}^1\!/_2\, t = \sin.\left(\frac{a-q}{2}\right) \cos.\ {}^1\!/_2\, z.$$

Durch Hülfe dieser Formeln können, sobald drei dieser Größen gegeben sind, die andern drei abgeleitet werden.

Um z. B. aus p, φ und t die a, q und z herzuleiten, dividire man die erste Formel mit der zweiten, so hat man

$$\text{cotg. } \tfrac{1}{2}\,(a + q) = \frac{\sin.\left(\frac{p + \varphi}{2} - 45^\circ\right) \cos.\ \tfrac{1}{2}\ t}{\sin.\left(\frac{p - \varphi}{2} + 45^\circ\right) \sin.\ \tfrac{1}{2}\ t}$$

ferner die dritte mit der vierten, und man erhält

$$\text{cotg. } \tfrac{1}{2}\,(a - q) = \frac{\cos.\left(\frac{p + q}{2} - 45^\circ\right) \cos.\ \tfrac{1}{2}\ t}{\cos.\left(\frac{p - q}{2} + 45^\circ\right) \sin.\ \tfrac{1}{2}\ t}$$

Alsdann ist

$$a = \tfrac{1}{2}\,(a + q) + \tfrac{1}{2}\,(a - q)$$
$$q = \tfrac{1}{2}\,(a - q) - \tfrac{1}{2}\,(a - q)$$

und alsdann ist in den Gleichungen nur noch eine unbekannte z enthalten, die man beliebig aus jeder derselben suchen kann.

Wären umgekehrt a, q und z gegeben, und p, φ und t würden gesucht, so ergäbe die Division der ersten durch die dritte Formel

$$\text{tg.}\left(\frac{p + \varphi}{2} - 45^\circ\right) = \frac{\cos.\left(\frac{a + q}{2}\right) \sin.\ \tfrac{1}{2}\ z}{\cos.\left(\frac{a - q}{2}\right) \cos.\ \tfrac{1}{2}\ z}$$

und die zweite durch die vierte getheilt, ergibt

$$\text{tg.}\left(\frac{p - q}{2} + 45^\circ\right) = \frac{\sin.\left(\frac{a + q}{2}\right) \sin.\ \tfrac{1}{2}\ z}{\sin.\left(\frac{a - q}{2}\right) \cos.\ \tfrac{1}{2}\ z}$$

wodurch p und q bestimmt sind und nur noch t als letzte

unbekannte aus irgend einer der vier Gleichungen zu ermitteln übrig bleibt.

§. 8.

Wenn die Deklination eines Gestirns unveränderlich oder doch so wenig veränderlich ist, daß sie im Laufe eines Tages als unveränderlich betrachtet werden kann, so hat er, wie die vorstehenden Formeln ergeben, bei der obern Kulmination wirklich seine größte Höhe. Wenn aber die Deklination sich ändert, wie dieß namentlich bei dem Monde, und in geringerem Grade auch bei der Sonne und den Planeten stattfindet, so fällt der Zeitpunkt der größten Höhe nicht mit der Kulmination zusammen. Sey n die Zunahme der Deklination, in Bogensekunden ausgedrückt, innerhalb 24 Stunden, so ist die Zeit s zwischen Kulmination und höchstem Stande des Gestirns in Zeitsekunden gegeben durch

$$s = \frac{n \sin. z}{30 \pi \cos. \delta \cos. \varphi}$$

und nennt man die Höhe in diesem Punkte, wenn h die Kulminationshöhe bezeichnet, $h + \triangle h$, so findet sich $\triangle h = \left(\frac{n}{720^0}\right) s$ (wobei s und n in Bogensekunden auszudrücken sind).

Wenn die Deklination im Abnehmen begriffen ist, so wird das s negativ, d. h. die größte Höhe des Gestirns tritt vor der Kulmination ein.

§. 9.

Die Sonne befolgt in ihrem täglichen Laufe, allgemein betrachtet, dasselbe Gesetz, wie die übrigen Gestirne. Ihr Stundenwinkel ist zugleich, wenn man vom wahren

Mittag an zählt, die wirkliche Tagesstunde. Ihre Deklination ist veränderlich, und die Periode dieser Veränderungen gibt uns das Jahr. Allein auch noch eine zweite Veränderung ihres Orts wird bemerkt: sie rückt ziemlich gleichförmig zu weiter östlich liegenden Sternen fort. Zwar kann dieß unmittelbar nicht wahrgenommen werden, da kein Stern in der Nähe der Sonne, selbst nicht mit bewaffnetem Auge, sichtbar ist. Achtet man aber auf die Kulminationen der Sterne in der Nacht, so findet man, daß diese allnächtlich etwa 4 Minuten früher erfolgen; nähme man also die Zeit, welche zwischen zweien obern Kulminationen eines Sternes verfließt, als Tag von 24 Stunden an, so würde eine tägliche Verspätung der Sonne von 4 Minuten bemerkt werden. Die Bewegung von 4 Minuten Zeit mußte also entweder allen Sternen insgesammt oder der Sonne zugeschrieben werden: wir werden weiterhin sehen, daß sie eigentlich der Erde angehört.

§. 10.

Die Oerter, welche die Sonne im Laufe des Jahres in Beziehung auf die Fixsterne einnimmt, liegen in einem größten Kreise, der folglich den Aequator in zweien einander entgegengesetzten Punkten schneidet, die man den Frühlings- und Herbstpunkt nennt. Wenn sich die Sonne in einem derselben befindet, so ist ihre Deklination gleich Null, und die Gleichung für den halben Tagbogen

$$-\cos. t = \text{tg.}\, \varphi\ \text{tg.}\, \delta$$

geht also in diese

$$\cos. t = o \text{ d. h. } t = 90^{\circ}$$

über, woraus folgt, daß der halbe Tagbogen der Sonne alsdann 6 Stunden beträgt. Der Tag hat also 12 und die Nacht 12 Stunden, weßhalb man diese Zeiten auch

Nachtgleichen (Aequinoctien) und jene Punkte Aequinoctialpunkte nennt. Der Aequinoctialpunkt des Frühlings ist der Normal- und Anfangspunkt für den gesammten Himmel: von ihm aus gehen alle Abzählungen.

Der von der Sonne innerhalb eines Jahres durchlaufene größte Kreis heißt die Ekliptik und hat seine Pole, gleich dem Aequator, und was die Deklinationskreise für letztere, sind die Breitenkreise für die Ekliptik. Von ihr aus zählt man nach beiden Polen zu 90° Breite, wie vom Aequator aus 90° Deklination. An der Ekliptik und ihrem Parallelkreise zählt man rings um den Himmel herum (360°) Länge, so wie am Aequator 360° Grade Aufsteigung (Rectascension). Beide, Länge und Rectascension, werden vom Frühlings-Nachtgleichenpuntte aus nach Osten herum gezählt.

Man bezeichnet gewöhnlich
die Rectascension mit α
die Deklination mit δ
die Länge in der Ekliptik mit λ
die Breite mit β.

§. 11.

Der Winkel, den die beiden Ebenen des Aequators und der Ekliptik mit einander einschließen, ist zwar nicht ganz constant, aber nur langsamen und geringen Veränderungen unterworfen, die von verschiedenen Perioden abhängen. Er beträgt gegenwärtig im Mittel 23° 27′ 30″ und nimmt jährlich etwa um eine halbe Sekunde ab, welche Abnahme nun schon mehrere Jahrtausende fortdauert und noch mehrere fortdauern wird. Man bezeichnet ihn mit ε und nennt ihn Schiefe der Ekliptik.

Diejenigen Deklinationskreise, welche durch 0°, 90°,

180° und 270° der Rectascension gehen, heißen Coluren. Der erste und dritte treffen die Nachtgleichenpunkte und heißen Coluren der Aequinoctien; der zweite und vierte die Solstitialpunkte, d. h. diejenigen, in denen die Sonne sich am weitesten nach Norden und Süden vom Aequator entfernt hat. Diese letztern fallen mit den Breitenkreisen zusammen, da sie sowohl durch die Pole des Aequators als der Ekliptik gehen; die den ersteren entsprechenden machen mit ihnen einen Winkel $= \varepsilon$. Allgemein heißt der Winkel, den der Breitenkreis mit dem Deklinationskreise an einem gegebenen Sterne macht, der Positionswinkel desselben, welcher ψ bezeichnet werden mag.

Die gegenseitige Abhängigkeit dieser 6 Größen ist in folgenden Formeln enthalten:

$$\sin. \tfrac{1}{2} (\varepsilon + \delta - 90°) \cos. (45° + \tfrac{1}{2} a) = \sin. \tfrac{1}{2} (\psi + A - 90°) (\sin. 45° - \tfrac{1}{2} \beta)$$

$$\sin. \tfrac{1}{2} (\varepsilon - \delta + 90°) \sin. (45° + \tfrac{1}{2} a) = \cos. \tfrac{1}{2} (\psi + A - 90°) \sin. (45° - \tfrac{1}{2} \beta)$$

$$\cos. \tfrac{1}{2} (\varepsilon + \delta - 90°) \cos. (45° + \tfrac{1}{2} a) = \sin. \tfrac{1}{2} (\psi + 90° - A) \cos. (45° - \tfrac{1}{2} \beta)$$

$$\cos. \tfrac{1}{2} (\varepsilon - \delta + 90°) \sin. (45° + \tfrac{1}{2} a) = \cos. \tfrac{1}{2} (\psi + 90° - A) \cos. (45° - \tfrac{1}{2} \beta)$$

und hierzu kann man noch die Prüfungsgleichung:

$$\cos. A \cos. \beta = \cos. \alpha \cos. \delta$$

beliebig anwenden.

Die Anwendung dieser Formeln auf wirkliche Berechnungen ist ganz derjenigen ähnlich, welche in §. 7 für die dort aufgeführten vier Formeln gezeigt worden ist.

Bei der Sonne, wo die Breite = Null ist (der Strenge nach hat die Sonne eine kleine Breite, welche aber im

Maximo 1″ nie überschreitet) werden die Formeln weit einfacher; man hat nämlich:

$$\sin. : \delta = \sin. A \sin. \varepsilon$$
$$tg. \alpha = \cos. \varepsilon \; tg. A.$$

Die äußersten Werthe für δ sind also $+ \varepsilon$ und $- \varepsilon$, ersterer bei $A = 90^0$, letzterer bei $A = 270^0$; ersterer ist das Sommer-, letzteres das Wintersolstitium der nördlichen Halbkugel.

§. 12.

Es genügt also (da man ε als constant ansehen kann), die Länge der Sonne zu wissen, um für eine gegebene Polhöhe der Mittagshöhe der Sonne den halben Tagbogen u. s. w. zu berechnen; und diese Länge würde, wenn das Jahr der Erde eine volle Anzahl von Tagen, ohne übrigbleibenden Bruchtheil enthielte, in allen Jahren den gleichen Tagen bis auf sehr geringe Differenzen angehören. Diese Voraussetzung findet nun zwar nicht statt; die Länge eines Jahres ist vielmehr 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten und 47 Sekunden; allein die Einrichtung der Schalttage (im gregorianischen Kalender) macht, daß man überall, wo beiläufige Berechnungen genügen, die für ein Jahr berechneten Tageslängen nahezu als für alle Jahr gültig annehmen kann. Im julianischen (alten) Kalender dagegen hat jedes Jahrhundert seine eigenen mittleren Tageslängen, und sie sind von Zeit zu Zeit neu anzuordnen.

§. 13.

Bevor wir zu weiteren Anwendungen der vorgetragenen Lehren schreiten können, ist es nöthig, die Größe und Gestalt der Erde wenigstens im Allgemeinen zu kennen, da bei einer wesentlich verschiedenen Form derselben die

Phänomenen der Erleuchtung und Erwärmung in ganz anderer Folge stattfinden würden.

Wir finden sehr sonderbare Ideen über die Gestalt der Erde bei den ältern Völkern. Die früheste Meinung machte sie zu einer flachen Scheibe, vom Okeanos umflossen, einem großen Strome, aus dem die Sonne emporstieg und sich beim Untergange wieder eintauchte. Thales ließ die Erde vom Wasser, Anaximenes von verdichteter Luft getragen werden; auch Anaximander machte sie zu einer kurzen Säule, deren eine Grundfläche bewohnt sey. Die alten Indier stellten nicht weniger abenteuerliche Meinungen auf; bei Einigen ruhte die Erde auf einem Elephanten, dieser auf einer Schildkröte und diese auf — Nichts; andere geben ihr keine Unterstützung, sondern ließen sie beständig fortfallen, aber durch den unendlichen leeren Raum.

Indeß scheint die annähernd richtige Meinung von einer Kugelgestalt der Erde auch dem frühen Alterthume, namentlich den Aegyptiern und Chaldäern, nicht fremd gewesen zu seyn. Die letzteren bestimmten den Umfang der Erde dadurch, daß sie sagten: ein guter Fußgänger brauche drei Jahre, um einmal um die Erde herumzukommen. Von den Aegyptiern hatte wahrscheinlich Pythagoras seine richtige Ansicht erhalten. Eudoxus schloß aus der Lage der Gestirne, die er auf seinen Reisen beobachtet hatte, auf eine regelmäßig gekrümmte Oberfläche der Erde, und Aristoteles suchte für die Kugelgestalt der Erde aus der Tendenz des Wassers, sich überall so sehr als möglich zu senken, einen Beweis zu führen. In der alexandrinischen Schule war die Erde allgemein als Kugel gesetzt, und nur in der finstersten Zeit des europäischen Mittelalters finden wir die Behauptung wieder, daß die Erde flach sey. —

§. 14.

Allgemeine Beweise für die Kugelgestalt der Erde, oder doch für eine dieser nahe kommende, sind zunächst die Erscheinungen auf Reisen von N. nach S. Man bemerkt, daß die Gestirne derjenigen Seite des Himmels, wohin man geht, in dem Maaße höher steigen, als man auf dem Meridian vorrückt, woraus folgt, daß die Erde in der Richtung von N. nach S. gekrümmt sey. Auf Reisen nach O. und W. würde man dieselbe Bemerkung machen, wenn die tägliche Bewegung der Gestirne nicht ohnedieß ihre Höhe stets veränderte. Allein wenn man Himmelsbegebenheiten, z. B. Mondfinsternisse an verschiedenen, in der Richtung Ost-West von einander entfernten Orten beobachtet, so bemerkt man dieselbe Ungleichheit der Höhe und Lage des Gestirns. — Zwar würde auch auf einem flachen Erdkörper, eine nur mäßige Entfernung der Himmelskörper vorausgesetzt, Aehnliches bemerkt werden, allein die Zu- und Abnahme der horizontalen Höhe würde dann nicht dem zurückgelegten Wege proportional seyn, und gleichzeitig würden sich die Configurationen der Gestirne ändern müssen, wovon wir nichts wahrnehmen.

Die wirklich ausgeführten Reisen um die Erde, die Beschränktheit und kreisförmige Begrenzung des Gesichtskreises von erhabenen Punkten aus, der runde Erdschatten bei Mondfinsternissen, sind gleichfalls den allgemeinen elementaren Beweisen für die Kugelgestalt der Erde beizuzählen, und wir können diese deßhalb vorläufig als constatirt annehmen, bis wir im weiteren Fortgange unserer Betrachtungen die Mittel kennen gelernt haben, wodurch man die Gestalt und Größe der Erde genauer bestimmt hat.

§. 15.

Die im Bisherigen auseinandergesetzten Bewegungen der Gestirne erklären sich am einfachsten, wenn man nicht sie selbst, sondern die Erde einen 24stündigen Kreislauf um die Weltachse, die alsdann ihre eigene Achse ist, machen läßt. Ebenso erklärt sich die Bewegung der Sonne in der Ekliptik durch eine Bewegung der Erde in derselben Ebene innerhalb eines Jahres, und wir werden später sehen, daß beide Annahmen nicht allein die einfachste und ungezwungenste Erklärung sämmtlicher Phänomen des Fixsternhimmels, die nur auf diesem Wege möglich ist, sondern auch ganz direkte Beweise für sich haben. Zwar würden die Jahreszeiten und Tageslängen sich ebenso gestalten, wenn die Erde in Ruhe bliebe und die Sonne nebst allen andern Gestirnen die wahrgenommenen Bewegungen wirklich machte; und auch die Mond- und Sonnenfinsternisse würden, was das Allgemeine der Erscheinung betrifft, in derselben Art erfolgen. Für andere Phänomene, z. B. den Lauf der Planeten, würden sich dagegen nur sehr gezwungene Erklärungen finden, während noch andere gar keine Erklärung außer der obigen (der Erdbewegung) gestatten, die überdieß nothwendig aus den Grundsätzen der Mechanik folgt.

§. 16.

Die Erde bewegt sich in 24 Sternstunden, welche 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden Sonnenzeit gleich sind, einmal völlig gleichförmig um ihre Achse, die mit der Weltachse (§. 1.) identisch ist. Die Ebene dieser Bewegung ist die des Aequators, und hierdurch erhalten wir für die Erdkugel ganz dasselbe System des Aequators und seiner Pole, wie für den Himmel. Die Erdpole (Nord- und Südpol) sind vom Aequator 90° entfernt und sie sind

zugleich die Mittelpunkte sämmtlicher Parallelkreise der Erde. Den Deklinationskreisen des Himmels entsprechen auf der Erdkugel die Meridiane, da jeder Ort seinen eigenen Meridian hat. Statt der Benennungen Rectascension und Deklination hat man jedoch für die Erde Länge und Breite gewählt und die Längen und Breiten des Himmels beziehen sich folglich nicht auf dasselbe Coordinatensystem, wie die der Erde. Wir bezeichnen deßhalb die Länge und Breite für die Erde durch l und b.

Die Breite b ist identisch mit der Polhöhe φ; sie ist am Aequator 0 und wird von hier ab nach beiden Polen hin bis zu 90° fortgezählt. Die Längen dagegen haben keinen von der Natur selbst fixirten Anfangspunkt, weßhalb zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Nationen auch andere Meridiane als erste gesetzt wurden. Am allgemeinsten ist der Meridian, der durch die kanarische Insel Ferro geht, als erster Meridian im Gebrauch; um ihn bestimmter zu fixiren, ist man übereingekommen, ihn genau 20° westlich vom Meridian der Pariser Sternwarte zu legen. — Neben diesem ist noch besonders bei den englischen Seefahrern der Meridian der Sternwarte Greenwich in Gebrauch, der 17° 39′ 37″,5 östlich von Ferro; und 2° 20′ 22″,5 westlich vom Pariser Meridian liegt.

§. 17.

Da die Breiten auf der Erdkugel den Deklinationen des Himmels entsprechen, so wird jeder Ort der Erde diejenigen Sterne, deren Deklination seiner Breite gleich ist, durch sein Zenith gehen sehen; der Aequator diejenigen, die im Aequator des Himmels liegen. Zur Zeit der Aequinoctien geht also die Sonne durch das Zenith des Erdäquators, zur Zeit des Sommersolstitiums durch das

Zenith des Parallelkreises 23° 27′ 30″ der nördlichen Halbkugel, zur Zeit des Wintersolstitiums den gleichen Parallelkreis der südlichen. Diese beiden Parallelkreise schließen also alle Orte ein, durch deren Zenith im Laufe des Jahres die Sonne geht. Diesen Erdstrich, der sich 46° 55′ in der Breite erstreckt, nennt man die heiße Zone; er umfaßt 0,398 der Erdoberfläche und verengert und erweitert sich im Verlaufe der Jahrtausende nach Maßgabe der Ab- und Zunahme der Schiefe der Ekliptik.

Steht die Sonne im Zenith des Aequators, so geht die Erleuchtungsgrenze durch die beiden Pole, und halbirt nicht allein den Aequator, sondern auch sämmtliche Parallelkreise. Alsdann ist also für jeden Ort derselben die Zeit, während welcher er innerhalb der Erleuchtungsgrenze verweilt, (der Tag) derjenigen gleich, wo er sich außerhalb derselben befindet (Nacht und Dämmerung).

Wenn dagegen die Sonne im Zenith eines Ortes außerhalb des Aequators steht, so geht die Erleuchtungsgrenze nicht mehr durch die Pole, sondern einer von ihnen liegt innerhalb, der andere außerhalb derselben; und Orte, welche vom Pole nicht weiter entfernt liegen, als die Deklination der Sonne beträgt, werden dann bei der täglichen Achsendrehung die Erleuchtungsgrenze gar nicht mehr erreichen, d. h. keinen Auf- und Untergang der Sonne sehen. Wenn die Declination in ihrem Maximo ε ist, so werden diese Gegenden sich bis zu 23° 27′ 30″ von den beiden Polen erstrecken und von den Parallelen $90° - \varepsilon = 66° 32' 30''$ begrenzt werden. Diese beiden Parallelen heißen Polarkreise, und sie schließen die beiden kalten Zonen ein: Segmente, in deren Mittelpunkte die Pole liegen, und deren jedes 0,041 der

Erdoberfläche einnimmt. Die beiden Parallelen, welche die heiße Zone umschließen, heißen Wendekreise, und zwischen den Polar- und Wendekreisen liegen die gemäßigten Zonen, deren jede 43° 5′ in der Breite einnimmt und 0,260 der Erdoberfläche enthält.

§. 18.

In der heißen, wie in den gemäßigten Zonen wechseln, Jahr aus, Jahr ein, Tag und Nacht, nur daß sie desto ungleicher ausfallen, je weiter die Sonne von den Aequinoctien, und je weiter der Ort vom Aequator liegt, wie aus Formel (4) §. 6 hervorgeht. In den kalten Zonen dagegen ist dieser Wechsel einen Theil des Jahres hindurch aufgehoben, d. h. es ist alsdann fortwährend Tag oder fortwährend Nacht, je nachdem die Sonne in Beziehung auf diese Zone dieß- oder jenseits des Aequators steht. Dieser Theil des Jahres ist desto größer, je näher der Ort dem Pole liegt, und die Pole selbst haben 6 Monate Tag und 6 Monate Dämmerung und Nacht.

Man kann leicht die Breiten berechnen, für welche der Tag eine gewiße Größe erreicht, indem man die Formel (4) so schreibt:

$$tg\, \varphi = -\cos. t \cot g. \varepsilon$$

und hiernach ist folgende Tabelle entworfen:

Gemäßigte und heiße Zonen.

Längster Tag.	Breite N. und S.	Längster Tag.	Breite N. und S.
12^h 0′	0° 0′	14^h 30′	36° 32′
12 30	8 34	15 0	41 24
13 0	16 44	15 30	45 33
13 30	24 12	16 0	49 3
14 0	30 49	16 30	52 0

Längster Tag.	Breite N. und S.	Längster Tag.	Breite N. und S.
$17^h\ 0'$	$54^0\ 31'$	$21^h\ 0'$	$64^0\ 50'$
17 30	56 39	21 30	65 23
18 0	58 28	22 0	65 57
18 30	60 0	22 30	66 8
19 0	61 19	23 0	66 22
19 30	62 26	23 30	66 30
20 0	63 23	24 0	66 32 30″
20 30	64 11		

Ueber den Polarkreis hinaus ist die obige Formel nicht mehr anwendbar. Dann erhält man aus der §. 11 angeführten:

$$\sin.\ \delta = \sin.\ A\ \sin.\ \varepsilon$$

wenn man statt δ . . . $90 - \varphi$ setzt, die um 90^0 und 270^0 herumliegenden Sonnenlängen, welche den Tagen angehören, wo die Sonne für die Breite φ aufhört oder wieder anfängt den Horizont zu erreichen. So findet sich die Dauer des längsten Tages

30 Tage	für 67^0 19	150 Tage	für 82^0 55′
60 „	„ 69 34	180 „	„ 88 38
90 „	„ 73 5	6 Monate	für 90 0
120 „	„ 77 38		

§. 19.

Die angegebenen größten Tagelängen sind zugleich die größten Nachtlängen im Winter, wobei die Dämmerung immer mit zur Nacht gerechnet wird. Zwei verschiedene Ursachen bewirken indeß, daß die Dauer des Tages stets etwas länger ist, als sie sich nach vorstehenden Formeln ergibt. Die Sonne ist kein leuchtender Punkt, sondern eine Scheibe von 32′ im scheinbaren Durchmesser, und ihr Mittelpunkt steht 16′ unter dem Horizont, wenn ihr oberer Rand auf- oder untergeht; es muß also die Zeit,

welche die Sonne gebraucht, um von der Höhe 0 bis zur Höhe — 16′ in ihrer täglichen Bewegung fortzurücken, dem halben Tagbogen hinzugezählt werden. Dann aber tritt noch die Refraction (Strahlenbrechung) hinzu, die in einer Ablenkung des Lichtstrahls von der geraden Linie besteht und über welche späterhin ausführlicher die Rede seyn soll. Sie erhöht die Körper, welche am Horizonte stehen, scheinbar um 36′ im Durchschnitt. Diese zu obigen 16′ hinzugerechnet, gibt 52′, allein die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um am Horizonte ihre Höhe um 52 zu verändern, ist verschieden, und richtet sich nach dem parallaktischen Winkel q. Man hat nämlich in Zeitminuten

$$\frac{52}{15} \text{ cosec. } q$$

wonach der geringste Werth dieser Vergrößerung ($3\frac{1}{2}$ Minuten) für den Aequator eintritt, wo $q = 90°$ ist. Für die Pole verfrüht sich der Sonnenaufgang und verspätet sich der Sonnenuntergang aus dieser Ursache um 53 Stunden, so daß der Tag dort 187, die Nacht 178 Stunden dauert.

Eine völlig genaue Berechnung des Auf- oder Untergangs der Sonne oder auch andrer Himmelskörper ist der veränderlichen Refraktion wegen nicht möglich, auch weder in der Astronomie noch Geographie erforderlich; man begnügt sich, sie auf Minuten richtig anzugeben.

§. 20.

Die oben angeführten Benennungen der Zonen, als heiße, gemäßigte und kalte, erleiden, wenn man sie nach ihrer physischen Bedeutung nehmen will, manche Modifikationen, die von der Bodengestaltung, der Form und Lage

der Küsten, hauptsächlich aber von der Höhe über dem Meere abhängen. Im Allgemeinen nimmt allerdings die Mitteltemperatur vom Aequator nach den Polen zu ab, dennoch scheinen sowohl die heißesten als die kältesten Temperaturen Gegenden anzugehören, die nahe an den Grenzen der nördlich gemäßigten Zonen, wo nicht gar in dieser selbst liegen. Der nördliche Wendekreis trifft weit mehr Continente als der Aequator; da nun der Ocean temperirend sowohl auf warme als auf kalte Klimate wirkt, so kann sich dort keine so kräftige Wärme erzeugen, als in den Sandwüsten und Tiefländern zwischen 20° und 25° nördl. Br., die vom Ocean entfernt liegen. Auch trifft die Abnahme der Temperatur mit wachsender Breite keineswegs alle Jahreszeit gleichmäßig. Die größte Sommerwärme ist auf der Erde im Ganzen wenig verschieden; der hauptsächlichste Unterschied liegt in der Dauer und Strenge des Winters. Die näheren Betrachtungen hierüber gehören in die physische Geographie.

§. 21.

Der Mond begleitet die Erde auf ihrem Laufe um die Sonne und ist der einzige Körper, der um sie selbst läuft. Er ist im Volumen 49 ½ mal und der Masse nach 86mal kleiner als die Erde; das Verhältniß der beiderseitigen Oberflächen ist 1 : 13 ½ und das der Durchmesser 1 : 3 ⅗; genauer 109 : 400. Seine Entfernung im mittleren Durchschnitt beträgt 60 Erdhalbmesser oder genauer 51829 geographischer Meilen (deren der Umfang des Aequators 5400 hat); und er läuft innerhalb 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten 11,6 Sekunden einmal um die Erde. Die verschiedenen Lichtgestalten, die er uns zeigt, hängen jedoch nicht unmittelbar von dieser Periode, sondern

von seinem sogenannten *synodischen* Umlauf ab. Da nämlich, während der Mond um die Erde läuft, diese selbst einen Theil ihrer Bahn um die Sonne zurückgelegt und folglich ihre Stellung gegen sie verändert hat, so muß der Mond, um wieder in die Linie zu rücken, welche durch Erde und Sonne geht, noch weitere $29\frac{1}{2}^{\circ}$ am Himmel beschreiben und er gebraucht zu einem solchen Umlaufe 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 2,8 Sekunden. Aus verschiedenen Ursachen ist ferner die Dauer sowohl der wahren, als auch der synodischen Umläufe sehr ungleich; und mehr noch die Winkelbewegung während eines Umlaufs. Wir müssen jedoch diese Untersuchungen der theoretischen Astronomie überlassen und betrachten hier nur seine *mittlere* Bewegung. —

§. 22.

Der Mond erhält, wie die Erde, sein Licht von der Sonne; es kann daher stets nur diejenige Hälfte seiner Oberfläche erleuchtet seyn, die der Sonne zugewandt ist. Ist dieselbe Hälfte der Erde zugewandt, so sehen wir die *ganze*, uns als Scheibe erscheinende Halbkugel erleuchtet (*Vollmond*, Opposition). Der Vollmond tritt also ein, wenn eine vom Monde zur Sonne gezogene Linie zugleich die Erde trifft, also von der Erde aus Mond und Sonne nach entgegengesetzten Richtungen gesehen werden. Die Aufeinanderfolge ist alsdann: S E M.

Indem der Mond in seiner von West nach Ost gerichteten Bahn fortrückt, kommt er nach $7\frac{3}{8}$ Tagen in eine Stellung, wo er mit der Erde und Sonne einen rechten Winkel macht: S $\begin{matrix} M \\ E. \end{matrix}$ Der Erde ist alsdann nur die Hälfte der erleuchteten Seite zugekehrt, während

die andere rechts liegende Hälfte der Scheibe dunkel erscheint; man nennt diese Stellung Quadratur, Viertel.

Bei weiterer Fortsetzung des Laufes gelangt er in die Lage S E M, und von seinen beiden Halbkugeln ist dann nur die dunkle Seite der Erde zugewandt, so daß nichts von ihm bemerkt wird; man nennt diese Lage Conjunktion, Neumond; 7 $^{3}/_{4}$ Tage später tritt die Lage S $\frac{E}{M}$ ein, so daß abermals die (rechts liegende) Hälfte seiner Scheibe erleuchtet, die andere dunkel ist, also eine abermalige Quadratur, die letzte; worauf denn wieder ein Vollmond folgt.

Die beiden Quadraturen unterscheidet man so, daß man die, dem Vollmond vorhergehende das erste Viertel, die ihm nachfolgende das letzte Viertel nennt. Die in den intermediären Lagen vorkommenden Lichtgestalten erklären sich nun auf sehr einfache Weise.

§. 23.

Da jeder bloß erleuchtete Körper einen Schatten in der Richtung des verlängerten Lichtstrahls wirft, und dieser Schatten bei der von der Sonne erleuchteten Erde 182408 bis 188640 geographische Meilen Länge hat, was die Entfernung des Mondes fast um das dreifache übertrifft, so würde hiernach der Vollmond jedesmal vom Schatten der Erde getroffen werden müssen. Ebenso würde der Schatten des Neumondes, der 49100 bis 51108 Meilen Länge hat, die Erde zuweilen wirklich treffen, immer ihr aber so nahe kommen, daß irgend einer Gegend der Erde der größte Theil der Sonne verdeckt werden müßte. Daß beides nur ausnahmsweise geschieht, hat seinen Grund darin, daß die Ebne der Mondbahn nicht mit der Ebne der

Erdbahn zusammenfällt, sondern 5° 9′ gegen dieselbe geneigt ist. Der Vollmond kann also dem Punkte, wohin der Erdschatten trifft, nördlich oder südlich vorübergehen und ebenso die Erde dem Neumondschatten; die erwähnten Phänomene treten also nur ein, wenn der Voll- oder Neumond zugleich der Durchschnittslinie beider Ebenen nahe genug liegt. Wenn daher nach einander eine oder auch zwei Sonnenfinsternisse (Sonnenbedeckungen durch den Mond) und zwischen beiden eine Mondfinsterniß (Beschattung des Mondes durch die Erde) erfolgt sind, so währt es gegen 5 Monate, ehe sich die Finsternisse erneuern. Man nennt totale Mondfinsterniß eine solche, wo der ganze Mond beschattet wird; partiale diejenige, wo nur ein Theil des Mondes getroffen wird. Eben so ist eine totale Sonnenfinsterniß eine solche, wo der Mond die ganze Sonnenscheibe, eine partiale, wo er nur einen Theil derselben verdunkelt; steht der ganze Mond so vor der Sonne, daß rund herum ein schmaler Ring stehen bleibt, so heißt die Finsterniß ringförmig. Sonnenfinsternisse finden stets nur für einen Theil der Gegenden, welche die Sonne über dem Horizont haben, statt; Mondfinsternisse für die ganze Erde, so weit der Mond alsdann überhaupt gesehen wird.

§. 24.

Der Mond wird außer von der Sonne auch noch von der Erde erleuchtet, welche einen Theil des Lichts, was sie selbst von der Sonne erhält, auf ihn reflektirt. Dieses Erdenlicht im Monde ist sogar von der Erde aus als doppelt reflektirtes Licht noch sichtbar, besonders wenn der Mond seine sichelförmige Gestalt 3—4 Tage vor und nach dem Neumonde zeigt. In kräftigen

Fernröhren kann man dieses Erdenlicht den größten Theil des Mondlaufs hindurch verfolgen und vom dunkeln Himmelsgrunde unterscheiden.

Die Erleuchtung der Erde durch den Vollmond ist 300000mal schwächer als die, welche sie von der Sonne empfängt, daher man bei Tage, selbst wenn der Mond über dem Horizont steht, ihn nur als bleiche Scheibe ohne Glanz wahrnimmt.

§ 25.

Die Himmelskörper, namentlich Sonne und Mond, dienen uns zur Zeitmessung und Zeiteintheilung, da nichts in der Natur so gleichförmig und nach so unabänderlichen Regeln vor sich geht, als die Bewegungen im Himmelsraume. Die Zeit vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang heißt der bürgerliche Tag; die von einem Mittag zum andern der astronomische. Ersterer ist nach Zeit und Ort sehr ungleich; auch der letztere würde nicht ganz gleichförmig seyn, wenn man jedesmal vom wirklichen Meridiandurchgange der Sonne an zählen wollte. Man nimmt aber die Zeit, welche durchschnittlich zwischen zwei Kulminationen verfließt, als normale mittlere Länge eines Sonnentages an, und so fällt der Anfang des astronomischen Tages nicht genau mit der Kulmination der Sonne zusammen. Jener heißt der mittlere, dieser der wahre Mittag, und so unterscheiden sich mittlere (gleichförmige) und wahre (ungleichförmige) Sonnenzeit. Der Unterschied zwischen beiden, der auf $16\frac{1}{2}$ Minuten steigen kann, heißt die Zeitgleichung; sie ist nahezu für alle Jahre gleich und soll hier für das Jahr 1842 angegeben werden.

Mittlere Zeit des wahren (Berliner) Mittags. 1842.

Jan.	1.	0^h	3′	50″,00		Juli	1.	0^h	3′	21″,59
	11.	0	8	13 71			11.	0	5	3 37
	21.	0	11	38 69			21.	0	6	1 18
Febr.	1.	0	13	55 13		Aug.	1.	0	6	0 40
	11.	0	14	34 66			11.	0	4	58 13
	21.	0	13	57 24			21.	0	2	58 83
März	1.	0	12	39 50		Sept.	1.	23	59	55 10
	11.	0	10	18 40			11.	23	56	37 14
	21.	0	7	25 60			21.	23	53	6 42
April	1.	0	4	1 85		Oktbr.	1.	23	49	44 20
	11.	0	1	7 77			11.	23	46	51 20
	21.	23	58	41 76			21.	23	44	45 26
Mai	1.	23	56	58 05		Nov.	1.	23	43	43 39
	11.	23	56	8 65			11.	23	44	10 42
	21.	23	56	15 91			21.	23	46	0 40
Juni	1.	23	57	24 23		Dez.	1.	23	49	10 71
	11.	23	59	10 38			11.	23	53	25 12
	21.	0	1	16 99			21.	23	58	16 03

Beide Zeiten stimmen mit einander überein. April 15. 8 Ab. Jun. 15. 12 Mittg. Septbr. 1. 5 Morg. Dec. 24. 11 Ab. Die Mittage, wo sie am weitesten von einander abweichen, sind:

1842.	Febr.	11.	12^h	14′	34″	66	M. Zeit.
„	Mai	15.	23	56	4	95	„ „
„	Juli	26.	0	6	9	49	„ „
„	Nov.	3.	23	43	42	23	„ „

Wenn man Fehler, die nicht über $^1/_2$ Zeitminute gehen, als unbedeutend ansieht, so kann man diese Tabelle für alle Jahre des gregorianischen Kalenders gebrauchen. Sie dient unter andern, die Angaben einer Sonnenuhr mit denen einer Taschen= oder Pendeluhr zu vergleichen.

§. 26.

Ein Sterntag ist die Zeit, welche zwischen zwei obern Kulminationen eines Fixsterns verfließt. Die 24 Stunden eines Sterntags sind = $23^h\ 56'\ 3''$, 925 Sonnenzeit, und die 24 Stunden eines Sonnentags = $24^h\ 3'\ 56''$, 556 Sternzeit. Da nämlich die Sonne im Laufe eines Tages von W nach O um etwa einen Grad fortrückt, so muß sie, um in der täglichen Bewegung wieder in den Meridian zu kommen, diesen Grad noch über 360^0 zurücklegen. Die Sternzeit gebraucht der Astronome, um darnach unmittelbar die Kulminationszeit der Sterne bestimmen zu können.

Ein Sonnenjahr ist die Zeit, innerhalb welcher die Sonne (Erde) wieder zu dem gleichen Punkte der Ekliptik gelangt. Bestimmt man diesen Punkt durch die vom Aequinoctio aus gezählte Länge, so beträgt ein Jahr 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 47 Sekunden. Wird dagegen ein unveränderlicher Fixstern als Normalpunkt angesehen, so ist das Jahr 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 12 Sekunden lang. Der Unterschied liegt darin, daß die Aequinoctien, in Beziehung auf die Fixsterne eine Bewegung rückwärts haben, die jährlich 50″, 233 beträgt. Jene Zeit nennt man das tropische, diese das siderische Sonnenjahr. Nach jenem richten sich die Jahreszeiten der Erde. Um jedes Jahr mit einem vollen Tage anzufangen, gibt man dem gewöhnlichen Jahre 365 Tage, den Schaltjahren, die jedes vierte Jahr eintreten, 366 Tage. Dieß ist der julianische Kalender, der ein tropisches Jahr von 365 ¼ Tagen voraussetzt und in 129 Jahren um einen Tag fehlt. Die Fehler zu vermeiden, hat man die Einrichtung getroffen, nach Verlauf von 100 Jahren einen Schalttag wegzulassen, und nur jedes vierte Jahrhundert

davon eine Ausnahme zu machen, so daß unter 400 Jahren 303 gemeine und 97 Schaltjahre sich befinden. Dieß ist der gregorianische Kalender, der ein Jahr von 365 Tagen 5 Stunden 49 Minuten 12 Sekunden voraussetzt, mithin jährlich nur 25 Sekunden, und in 3450 Jahren um einen Tag fehlt. Da die Länge des tropischen Jahres wegen des ungleichen Vorrückens der Nachtgleichen nicht ganz dieselbe bleibt, so wird es keine Einschaltung dahin bringen können, dem wirklichen Sonnenjahre ganz zu entsprechen. Ein Mondenjahr ist die Zeit, innerhalb welcher der Mond 12 synodische Umläufe um die Erde macht. Diese betragen 354 Tage 8 Stunden 48 Minuten 34 Sekunden Sonnenzeit, mithin 10 Tage 21 Stunden 0 Minuten 13 Sekunden weniger, als im tropischen Sonnenjahr. Um folglich die einzelnen Monate auf dieselbe fallen zu lassen, ist man zu Einschaltungen genöthigt. Gewöhnlich werden innerhalb 19 Jahren 7 Monate eingeschaltet, wodurch der Fehler um etwa 2 Stunden in 19 Jahren vermindert würde.

In fast allen christlichen Ländern bedient man sich des gregorianischen, in Rußland und bei den orientalischen Christen noch des julianischen. Die Juden rechnen, wie die alten Griechen nach Mondjahren mit Schaltmonaten; die Türken haben einfache Mondjahre ohne alle Einschaltung, so daß ihre Jahresrechnung keine Beziehung zu den physischen Jahreszeiten haben kann.

Darstellungen der Erde.

§. 27.

Die Erde ist keine abwinkelbare Fläche, und folglich ist eine genaue Darstellung derselben auf einer Ebene nicht möglich, wie dieß bei einem Cylinder oder Kegel der Fall

seyn würde. Ihr vollkommenstes Bild in mathematischer Beziehung würde im Relief-Globus seyn, der die Berge als Erhabenheiten in demselben verjüngten Maßstabe, wie die horizontalen Dimensionen darstellte. Da aber auf diese Weise selbst bei einem ziemlich bedeutenden Durchmesser des Globus selbst die größeren Gebirge noch sehr unscheinbar blieben, und die kleineren fast gar nicht mehr emporgehoben werden konnten*), so hat man diese Darstellungsweise nur selten in Ausführung gebracht, und die gewöhnlichen Relief-Globen wählen für die Höhen einen andern Maßstab, als für die horizontalen Dimensionen oft einen 10 bis 20fach größeren, wodurch aber die richtige Ansicht des Ganzen verloren geht. — Wir werden uns im Folgenden nur mit der Darstellung in horizontalen Abmessungen beschäftigen.

Auf einer Kugel ist es möglich, die Grade der Länge und Breite in ihrem richtigen Verhältniß aufzutragen und ein ganz getreues Bild der Länder zu geben; auf einer Fläche kann man eigentlich nicht die Erdoberfläche selbst, sondern nur eine Projektion derselben darstellen. Man denkt sich an irgend einen Punkt der Erdfläche eine tangirende Ebene und das Auge des Beschauers in irgend einem Punkte außerhalb oder innerhalb der Kugel, zieht sodann Linien vom Auge zu dem darzustellenden Punkte der Oberfläche und verlängert sie bis zu jener Ebene, so erhält man auf ihr die Projektionen der darzustellenden Punkte.

* Bei einem Durchmesser von 2 Fuß erscheint eine Höhe von einer halben geographischen Meile nur 1/6 Linie hoch, 1000 Fuß würden nur 1/70 Linie emporragen und selbst in der feinsten Bearbeitung nicht mehr wahrnehmbar seyn.

§. 28.

Es sind hauptsächlich 3 Projektionsarten gebräuchlich: die orthographische, stereographische und Centralprojektion, und in jeder derselben kann die Projektionsebene einen beliebigen Punkt der Erdoberfläche tangiren; in allen Projektionen aber wird die den Berührungspunkt treffende Gesichtslinie normal auf diese Ebene angenommen. Am gewöhnlichsten wählt man einen Pol oder einen Punkt des Aequators als Berührungspunkt, und unterscheidet hiernach polare und äquatoreale Projektionen.

§. 29.

Die orthographische Polarprojektion setzt das Auge in einen unendlich entfernten Punkt der verlängerten Erdaxe, so daß alle Gesichtslinien normal auf die Ebene fallen. Es erscheinen also alle außerhalb des Poles gelegenen Gegenden verkürzt, so daß z. B. ein Kreis unter der Breite b zur Ellipse wird, deren Axen sich wie 1: sin. b verhalten. Die große (unverkürzte) Axe fällt mit dem Parallelkreise von b zusammen.

Die Coordinaten x und y der einzelnen Punkte sind in dieser Projektion:

$$x = r \cos. l \cos. b$$
$$y = r \sin. l \cos. b$$

wo r den Erdhalbmesser der Karte, l und b die geographische Länge und Breite bezeichnen.

Eliminirt man nach einander zuerst l, dann b, so erhält man:

$$x^2 + y^2 = r^2 \cos. b^2 \text{ und } \frac{y}{x} = \text{tang. } l.$$

folglich sind die Parallelkreise in dieser Projektion Kreise,

deren Halbmesser = r cos. b ist; die Meridiane aber sind grade Linien, welche die Parallelen rechtwinklig schneiden.

§. 30.

Die orthographische Aequatorealprojektion setzt das Auge in einen verlängerten Durchmesser des Aequators in unendliche Entfernung und legt die tangirende Ebene durch den Endpunkt dieses Durchmessers. — Da uns der Mond sehr nahe in dieser Projektion erscheint und uns immer fast dieselbe Seite zuwendet, so hat man diese Projektion gewöhnlich bei Mondkarten angewandt. Die Coordinaten sind:

$$x = r \sin. b.$$
$$y = r \cos. b \cos. l$$

die Elimination ergibt:

$$x = r \sin. b$$
$$y^2 + x^2 \cos. b^2 = r^2 \cos. l^2$$

woraus folgt, daß die Parallelen grade Linien, die Meridiane hingegen Ellipsen sind, deren große Achse = r und die kleine r cos. l ist.

§. 31.

Die stereographische Projektion setzt das Auge in die Antipode des Berührungspunktes der Projektionsebene, so daß die Gesichtswinkel Peripheriewinkel werden. Bei der stereographischen Polarprojektion befindet sich also das Auge im entgegengesetzten Pol der als hohl oder durchsichtig gedachten Kugel. Sie ist der vorigen in so fern entgegengesetzt, daß die vom Mittelpunkt entfernten Theile erweitert erscheinen, übrigens aber ihre Figur behalten, so daß z. B. ein Kreis überall Kreis bleibt, was freilich nur für unendlich kleine Flächentheile der Strenge nach gültig ist. Die Meridiane werden grade

Linien und die Entfernung eines Punktes vom Mittelpunkte (Pol) der Karte ist $= r \tan. (45^0 - \frac{1}{2} b)$; so daß die Parallelen Kreise werden.

§. 32.

Die stereographische Aequatorealprojektion ist diejenige, welche für Planigloben am häufigsten angewandt wird. Das Auge befindet sich in einem Punkte des Aequators, der 180^0 in Länge vom Berührungspunkte entfernt ist. Zählt man die Länge l vom Berührungspunkte aus nach beiden Seiten, so sind die Coordinaten:

$$x = \frac{r \sin. b}{1 + \cos. b \cos l.}$$

$$y = \frac{r \cos. b \sin. l}{1 + \cos. b \cos. l}$$

hieraus erhält man durch Elimination:

$$x^2 + y^2 = 2 x \frac{r}{\sin. b} - r^2$$

$$x^2 + y^2 = r^2 - 2y \, r \operatorname{tg} l$$

woraus folgt, daß sowohl die Parallelen als die Meridiane in dieser Projektion als Kreise erscheinen, jedoch nicht als concentrische, wie die Parallelen in der Polarprojektion.

Da die stereographische Aequatorealprojektion nicht für Planigloben allein, sondern auch für Darstellungen einzelner Erdtheile, besonders in mittleren Breiten, im Allgemeinen vor den anderen den Vorzug verdient, die Berechnung der Coordination aber etwas weitläufig ist, so füge ich hier eine Tafel derselben bei, welche von 5^0 zu 5^0 der Länge und Breite die Größen x und y angibt, und aus welcher man leicht durch Interpolation die Zwischenwerthe erhalten kann. Der Erdhalbmesser der Karte ist dabei 100000 gesetzt worden.

Tafel für $x = \frac{r \sin. b}{1 + \cos. l \cos. b}$; $r = 100000$ gesetzt.

Länge.	Breite.																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	0	4366	8749	13165	17633	22169	26795	31529	36398	41421	46630	52057	57735	63707	70021	76733	83909	91632	100000
5	0	4374	8765	13190	17665	22210	26842	31584	36458	41487	46700	52130	57809	63779	70090	76793	83957	91660	100000
10	0	4398	8815	13264	17763	22331	26985	31747	36639	41683	46909	52346	58028	63997	70294	76972	84099	91744	100000
15	0	4442	8899	13390	17929	22535	27226	31974	36944	42015	47261	52711	58398	64359	70635	77273	84335	91884	100000
20	0	4502	9019	13568	18163	22824	27566	32410	37375	42482	47757	53227	58920	64869	71115	77696	84664	92077	100000
25	0	4580	9178	13801	18471	23197	28013	32918	37941	43093	48405	53897	59596	65531	71735	78240	85088	92325	100000
30	0	4679	9372	14093	18856	23678	28571	33553	38643	43855	49211	54730	60434	66348	72497	78906	85607	92628	100000
35	0	4799	9617	14449	19326	24256	29249	34325	39395	44776	50182	55784	61439	67325	73404	79696	86218	92983	100000
40	0	4943	9898	14875	19887	24944	30059	35244	40509	45866	51329	56914	62618	68467	74461	80610	86918	93386	100000
45	0	5114	10236	15379	20548	25756	31011	36321	41695	47140	52666	58282	63982	69780	75671	81649	87710	93836	100000
50	0	5313	10634	15968	21323	26705	32120	37574	43071	48614	54208	59850	65539	71271	77034	82813	88593	94334	100000
55	0	5546	11095	16655	22224	27807	33406	39025	44659	50310	55970	61637	67300	72948	78555	84107	89562	94875	100000
60	0	5818	11635	17453	23269	29083	34892	40691	46477	52241	57972	63658	69282	74820	80244	85524	90613	95457	100000
65	0	6133	12262	18380	24480	30558	36603	42607	48559	54441	60239	65932	71494	76897	82103	87068	91747	96077	100000
70	0	6501	12990	19455	25883	32262	38574	44805	50934	56940	62797	68480	73955	79186	84128	88736	92959	96734	100000
75	0	6929	13838	20706	27511	34233	40845	47325	53644	59771	65677	71327	76680	81696	86328	90527	94245	97421	100000
80	0	7430	14829	22165	29404	36514	43464	50215	56732	62977	68913	74497	79684	84435	88701	92438	95598	98134	100000
85	0	8019	15992	23873	31613	39168	46491	53534	60257	66605	72540	78017	82985	87410	91249	94460	97013	98867	100000
90	0	8716	17365	25882	34202	42262	50000	57358	64279	70717	76604	81915	86603	90631	93969	96593	98481	99619	100000

Tafel für $y = \frac{r \sin. l \cos. b}{1 + \cos. l \cos. b}$; $r = 100000$ gesetzt.

Länge.	Breite.																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4366	4358	4333	4290	4230	4151	4052	3931	3787	3616	3415	3181	2909	2592	2223	1793	1290	699	0
10	8749	8732	8681	8596	8475	8316	8116	7873	7585	7240	6835	6364	5818	5182	4443	3581	2575	1394	0
15	13165	13140	13063	12933	12749	12508	12205	11836	11395	10874	10264	9553	8727	7767	6654	5259	3849	2081	0
20	17633	17598	17493	17318	17069	16741	16331	15831	15234	14530	13706	12747	11635	10346	8853	7117	5106	2749	0
25	22169	22124	21992	21767	21448	21029	20505	19868	19108	18212	17166	15950	14542	12914	11034	8860	6341	3414	0
30	26795	26740	26575	26298	25905	25389	24744	23960	23026	21928	20647	19161	17446	15469	13193	10572	7547	4052	0
35	31529	31482	31265	30931	30456	29835	29059	28117	26997	25682	24152	22383	20346	18006	15327	12251	8719	4666	0
40	36398	36319	36082	35685	35121	34385	33466	32352	31031	29482	27685	25614	23239	20522	17420	13884	9851	5252	0
45	41421	41329	41050	40583	39921	39056	37980	36673	35135	33333	31249	28855	26120	23008	19475	15470	10936	5805	0
50	46630	46522	46197	45650	44878	43870	42618	41108	39320	37240	34843	32102	28986	25458	21478	16999	11970	6329	0
55	52057	51930	51550	50914	50017	48847	47397	45652	43598	41209	38470	35353	31829	27864	23422	18456	12938	6803	0
60	57735	57589	57147	56408	55367	54013	52337	50327	47968	45242	42128	38602	34641	30215	25294	19846	13837	7232	0
65	63707	63536	63025	62166	60958	59392	57459	55149	52448	49341	45812	41841	37410	32498	27083	21145	14662	7618	0
70	70021	69823	69226	68228	66827	65014	62784	60130	57040	53507	49517	45060	40124	34698	28773	22343	15403	7953	0
75	76733	76501	75804	74641	73012	70910	68335	65284	61751	57735	53233	48248	42771	36808	30349	23431	16052	8231	0
80	83909	83637	82821	81461	79559	77117	74138	70624	66582	62020	56947	51388	45323	38801	31792	24393	16600	8455	0
85	91632	91314	90350	88752	86525	83676	80218	76164	71537	66351	60637	54420	47729	40604	33086	25212	17041	8617	0
90	100000	99619	98181	96593	93969	90631	86693	81915	76604	70717	64279	57358	50000	42262	34202	25882	17365	8716	0

§. 33.

Die Centralprojektion setzt das Auge in den Mittelpunkt der Kugel, wobei die Projektionsebene jeden beliebigen Punkt der Erdfläche tangiren kann. Man wendet sie gewöhnlich nur zur Darstellung kleinerer Flächenstriche an, da eine Halbkugel der Erde auf diese Weise gar nicht mehr verzeichnet werden kann und bei größern Strecken sich eine zu unverhältnißmäßige Erweiterung der vom Mittelpunkt entferntern Theile ergeben würde. Sey allgemein der Berührungspunkt l und b und man will einen andern Punkt l′ und b′ darstellen, so setze man

$$\cos. \varphi' = \sin. b \sin. b' + \cos. b \cos. b' \cos (l' - l$$

$$\sin. \mu = \frac{\cos. b \sin. l' - l}{\sin. \varphi'}$$

und man hat für die Coordinaten des Punktes b l′

$$x = r \operatorname{tang.} \varphi' \cos. \mu$$

$$y = r \operatorname{tang.} \varphi' \sin. \mu$$

§. 34.

Man kann noch viele andere Projektionsarten aufstellen. die jedoch vor den hier erwähnten keine besondere Vortheile gewähren; und wir wollen daher hier nur noch der Merkator'schen Projektion gedenken, welche für Seekarten gebräuchlich ist. Bei allen bisherigen Darstellungsarten convergiren die Meridiane, sie mögen nun als grade Linien oder als Kreise erscheinen, vom Aequator nach den Polen zu. Dieser Umstand bewirkt, daß die Richtungslinien, durch welche der Cours des Schiffes bestimmt wird, entweder gar nicht oder nur in besondern Ausnahmefällen grade Linien bilden, sondern im Allgemeinen sich mehr oder weniger mit einer gegen die Pole gerichteten Konkavität

krümmen oder Schneckenlinien verschiedener Art darstellen, die nicht ohne sehr künstliche Konstruktionen oder verwickelte Rechnungen entworfen werden können. In der Merkator'schen Projektion erscheinen nun diese Richtungen (loxodromische Linien) sämmtlich als grade, was dadurch erreicht ist, daß die Meridiane durch parallele Linien dargestellt sind. Um nun aber den einzelnen Flächentheilen ihre richtige Form zu geben, müssen die Breitengrade in demselben Verhältnisse wachsen, wie die Längengrade hätten abnehmen sollen; die Länder erscheinen also nach den Polen zu um gleichviel nach allen Dimensionen vergrößert, im Verhältnisse von 1 : sec. b. Eine solche Karte kann den Pol nicht erreichen, da sec. b für $b = 90^0$ unendlich groß ist.

§. 35.

Die Merkator'sche Projektion kann indeß noch viel weniger als die vorhin erwähnten dienen, die wirkliche Entfernung zweier Punkte auf der Kugel zu finden, außer etwa für sehr geringe Entfernungen. Diese muß entweder auf einen Globus gemessen oder nach der obigen Formel $\cos. \varphi' = \sin. b \sin. b' + \cos. b \cos. b' \cos. (A' - A)$ wo φ' in Graden des größten Kreises erhalten wird, berechnet werden.

Die Länge der loxodromischen Linie ist etwas verschieden von dem kürzesten Wege zwischen zweien Punkten, und fällt nur dann mit ihm zusammen, wenn ihre Richtung der Meridian ist. Sonst erhielt man sie durch

$$s = r\,(b' - b) \sec. c$$

wo c den Winkel der loxodromischen Linie mit dem Meridian bezeichnet. Bei sehr großen Polhöhen, wenn zugleich c nahe 90^0 ist, kann man sich der Formel

$$s = r \cos. b\,(l' - l)$$

bedienen. Unter r wird hier die Größe eines Grades des Aequators verstanden.

Die Richtung e der loxodromischen Linie selbst kann auch durch Rechnung gefunden werden. Seyen die Orte der Abfahrt und Ankunft l b und l' b', so hat man:

$$tg.\ e = \frac{l' - l}{lognat\ tg.\ (45^\circ + \frac{1}{2}\,b') - lognat\ tg.\ (45^\circ + \frac{1}{2}\,b)}$$

wobei (l' — l) in Theilen des Halbmessers.

Sey m der Modul der briggischen Logarithmen und (l' — l) in Sekunden ausgedrückt, so hat man

$$log.\ tg.\ e = log.\ (l' - l) + log.\ m - log.\ 206265 - log.\ \triangle$$

wo △ den obigen Nenner, mit briggischen Logarithmen berechnet, vorstellt. Die beiden Konstanten vereinigt erhält man

$$log.\ tg.\ e = log.\ (l' - l) + 432336 - (10 + log.\ \triangle)$$

§ 36.

In allen bisherigen Formeln ist die Erde als eine Kugel betrachtet worden, und dieß reicht, wie wir späterhin sehen werden, für die Darstellung im Allgemeinen aus. Uebrigens könnte man leicht auf den veränderlichen Werth eines Breitengrades bei Projektion einer Karte Rücksicht nehmen. Im folgenden Abschnitt werden wir von den Untersuchungen handeln, welche die genauere Gestalt und Größe der Erde betreffen, wobei wir die §. 13 erwähnten auf bloße Spekulation begründeten Meinungen nicht weiter berücksichtigen, sondern von der Vorstellung einer Kugelgestalt der Erde ausgehen wollen.

§. 37.

Der erste Versuch einer Messung, von welchem wir Kunde haben, ist die des Eratosthenes. Er setzte

Alexandrien und Syene unter einen und denselben Meridian, und nahm die Entfernung beider Städte zu 5000 Stadien an. Man hatte bemerkt, daß am längsten Tage die Sonne den Grund eines tiefen senkrecht herabgehenden Brunnens zu Syene bescheine, mithin im Zenith stehe. Aus einer Beobachtung des Schattens zu Alexandrien fand er ferner, daß an demselben Tage die Sonne um $^1/_{50}$ des Kreisumfangs vom Zenith entfernt stehe. Hieraus schloß er, daß der ganze Umfang der Erdkugel $50 + 5000 = 250000$ Stadien sey. Die Annahme, daß beide Orte unter gleichem Meridian liegen, ist nicht richtig, sie sind 3° in Länge von einander entfernt, und man hat nach der Formel §. 33 für die Entfernung beider Orte die Breitendifferenz als richtig angenommen, $7^{\circ}\ 41'$, was 234300 Stadien für den Umfang der Erde, und ein Stadium zu 95 Toisen angenommen, 60830 Toisen für einen Grad ergibt. Eine Berücksichtigung der Refraktion und des Halbschattens würde das Resultat noch etwas ändern, es hat aber kein Interesse, die Rechnung mit scharfen Daten durchzuführen, da namentlich der geodätische Theil dieser Bestimmung äußerst beiläufig und wohl nur auf Schätzungen von Reisenden gegründet ist.

§. 38.

Noch unvollkommener war 2507 Jahr später der Versuch des Posidonius, der aus der verschiedenen Höhe des Sternes Canopus (α Argo) die Breitendifferenz zu Alexandrien und Rhodus zu $7\frac{1}{2}^{\circ}$ setzte, sie ebenfalls unter gleichem Meridian liegend annahm, und aus der Zeit, welche ein zwischen beiden Orten segelndes Schiff bedurfte, die Distanz zu 5000 Stadien ableitete. Hier ist es wirklich nur der zufälligen Kompensation mehrerer sehr großen Fehler zuzuschreiben, daß zuletzt nur ein verhältnißmäßig

kleiner Fehler von 3—4000 Toisen für den Grad übrig bleibt.

Wenn aber gleich die Alten genauer gemessen, d. h. wenn ihnen die Mittel der Neuern zu Gebot gestanden hätten, so würde doch die bestehende Ungewißheit über die wahre Länge des Stadiums, das überdieß eben so vieldeutig war, als unsere heutige Meile, jede genauere Vergleichung unsererseits unmöglich machen.

§. 39.

Während des mehr als tausendjährigen beklagenswerthen Verfalls der Wissenschaften in Europa geschahen nur Rückschritte, denn aufs neue wurde die Erde flach. Arabiens Kalifen, zu denen die Wissenschaft sich flüchtete, sind es in dieser Zeit allein, denen ein Verdienst zugeschrieben werden kann. Al Mamum ließ in der Ebene von Sennaar eine wirkliche Messung eines Meridiangrades vornehmen, die erste von der wir Kunde haben. Seine Mathematiker theilte er in zwei Parteien, die eine maß von einem Punkte aus 1 Grad nördlich, die andere von demselben aus 1 Grad südlich. Die erstere fand 56, die zweite 56 2/3 arabische Meilen, und als sie die Messung wiederholten, fand jede Partei wieder ihr früheres Resultat. Die arabische Meile hat 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerstenkörner, und in dieser letztern Angabe liegt die Schwierigkeit der Vergleichung. Snellius findet ein Mittel 1 rheinl. Fuß = 89 Gerstenkörner; hiernach hätte die arabische Meile 6472 Fuß rheinl., und hieraus ergibt sich weiter:

56 arab. Meilen = 58363 Toisen.
56 2/3 „ „ = 59057 „

beides etwas zu groß, doch aber viel näher kommend, als die alten Bestimmungen, wie es auch von einer wirklichen Messung zu erwarten war.

§. 40.

Im sechszehnten Jahrhundert finden wir zuerst wieder einen Versuch. Fernel bestimmte zuerst die Polhöhe von Paris, suchte dann auf dem Wege nach Amiens, der nördlich läuft, einen Punkt, welcher 1 Grad nördlicher lag, zählte hierauf die Radumläufe eines Wagens, der bis zum besagten Punkte fuhr, und fand hieraus die Länge eines Meridiangrades 57070 Toisen.

Snellius führte 1615 die erste, mit einer astronomischen Bestimmung verbundene Triangulation zu diesem Zwecke aus. Er maß durch Dreiecke einen Bogen von 1° 11′ 30″ zwischen Alkmaar und Bergenopzoom und fand 55072 Toisen. Später kamen ihm selbst Zweifel über die Richtigkeit des Resultats, er wiederholte die Operation 1622, führte aber die Rechnung (die damals in Ermangelung von Logarithmen ungeheuer weitläufig war) nicht selbst mehr durch. Dieß führte Musschenbröck aus, der zu desto größerer Sicherheit die Dreiecke von neuem maß. Es ergaben sich 57033 Toisen. Norwood maß zwischen 1633 und 1635 einen Bogen zwischen London und York, nach Fernel's und Snellius Methode. Die Polhöhen bestimmte er durch einen großen Sextanten. Das Resultat war 57300 Toisen. Aus allen diesen Versuchen ergab sich nur, daß die Größe eines Breitengrades im mittleren Europa nicht viel von 57000 Toisen verschieden seyn könne, und mehr konnte damals bei aller Sorgfalt nicht erhalten werden.

§. 41.

Auf Verordnung Ludwigs XIV. stellte Pierre Picard eine Messung zwischen Malvoisine und Amiens an, welche für einen Meridiangrad 57060 Toisen ergab. Hier halten sich mehrere Fehler sehr glücklich compensirt: die falsche Toise ($\frac{999}{1000}$ der wahren) die vernachlässigte Aberration und Nutation, die Picard noch nicht kannte, und die Fehler in den Dreiecken.

Lahire setzte die Messung nördlich bis Dünkirchen, südlich nach Perpignan zu fort. Die im Jahre 1718 bekannt gemachten Resultate sind folgende:

Grad zwischen	Paris und Bourges	57098 Toisen.
„ „	Paris und Amiens	57060 „
„ „	Paris und Dünkirchen	56970 „

Hieraus folgt (wenn man nämlich die kleinen Unterschiede als hinreichend verbürgt betrachten wollte), daß die Größe eines Grades nach den Polen zu abnähme, oder mit andern Worten, daß die Erde in der Nähe der Pole stärker gekrümmt sey, als in der Nähe des Aequators. Die Erde war hiernach ein Elliptoid, entstanden aus der Umdrehung einer Ellipse um ihre große Axe, und diese große Axe war die der Rotation.

§. 42.

Dieses Resultat war im geradesten Widerspruch gegen die Theorie Newtons, der ohne Messung, aus den Gesetzen des Gleichgewichts einer rotirenden Kugel, welche anfangs flüssig gewesen, gefunden hatte, die Erde sey ein Sphäroid, entstanden aus der Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe, die folglich Rotationsaxe sey, und das Verhältniß der kleinen zur großen Axe sey 229 : 230, die Homogeneität (gleichförmige Dichtigkeit) der Erde

vorausgesetzt. Diese gleichförmige Dichtigkeit findet nun zwar eben so wenig statt, als die Annahme eines absolut flüssigen Zustandes richtig ist, allein es läßt sich zeigen, daß eine größtentheils mit Wasser bedeckte Oberfläche nahezu dieselben Gleichgewichts-Bedingungen habe, als eine völlig flüssige, und daß, der Dichtigkeitszustand der Erde sey, welcher er wolle, die kleine Axe nothwendig die Rotationsaxe seyn müsse. Nur würde der Ueberschuß der großen Axe über die kleine desto bedeutender seyn, je mehr die dichteren Massen die Oberfläche einnähmen, und desto unbedeutender, je mehr sie nach der Mitte zu drängten. Da nämlich die Schwerkraft unter dem Aequator durch den Rotationsschwung vermindert wird, so muß hier ein größeres Volumen dieß Gleichgewicht herstellen, daher der größere Aequator-Durchmesser. Befände sich nun z. B. die gesammte Masse nahe der Oberfläche, d. h. wäre die Erde eine Hohlkugel mit dünner Schale, so würde auch das Maximum des Rotationsschwunges für die gesammte Masse stattfinden, während bei einer gleichförmig dichten soliden Kugel die innern dem Mittelpunkt nähern Theile weniger Schwung, also auch weniger Schwerverminderung, erfahren, und das Ganze also eine geringere Kompensation durch das Volumen, als in dem erst betrachteten Falle, bedarf. Wäre drittens die ganze Masse um einen gleichsam unendlich dichten Mittelpunkt vereinigt, so fände gar kein Schwung der Massen, also auch keine Verminderung, statt, und es bedürfte der erwähnten Kompensation gar nicht. Dann wäre die Erde eine wirkliche Kugel; allein dieß wäre nun auch der äußerste (und wie man leicht einsieht, schon physisch unmögliche) Grenzfall, wonach für den entgegengesetzten, das Ellipsoid, gar keine Möglichkeit übrig bleibt.

§. 43.

Der lange Streit der Theorie und Praxis, von Newton und Huygens gegen Cassini und die französischen Geometer geführt, konnte nur geschlichtet werden durch eine Wiederholung der Messung mit besseren Hülfsmitteln und an weiter entlegenen Punkten der Erdfläche. Die Abweichung von der Kugelgestalt — dieß gaben beide Theile zu — konnte nur gering seyn; noch viel geringer aber mußten die Unterschiede ausfallen, die man bei einzelnen einander so nahe liegenden Meridianlängen, wie die in Nord- und Südfrankreich gemessenen, wahrnehmen konnte. Maß man dagegen am Aequator und am Pole, so mußte die größtmöglichste Differenz erhalten werden, und in demselben Maße mußte die Entscheidung sicherer ausfallen.

Am Aequator konnte man messen, den Polen aber nur sich möglichst nähern; man wählte Peru und Lappland, also den Aequator und den nördlichen Polarkreis, zur Ausführung der Operationen; und 1735 gingen die mit der Ausführung beauftragten Geometer nach diesen Gegenden ab. Bouguer, Condamine und Godin nach Peru, wo sie die Länge eines Grades (auf den Hochebenen von Quito, zwischen Tarqui und Cotchesqui) 56753 Toisen fanden. Maupertius, Clairault, Lemonnier und Outhier gingen nach Lappland, wo sie von Torneo nordwärts nach Gellivare einen Bogen des Aequators maßen und ihn zu 57437 Toisen bestimmten. Beide Messungen, unter sich sowohl als mit der früheren französischen Gradmessung verglichen, zeigten deutlich die Richtigkeit der Newton'schen Theorie im Allgemeinen, denn die Grade wurden nach den Polen zu größer, d. h. die Krümmung geringer, und die Erde war also an den Polen abgeplattet, ein Sphäroid.

§. 44.

Indeß waren diese Messungen und namentlich die lappländische noch immer aus mancherlei Ursachen sehr unvollkommen, und war gleich die Thatsache im Ganzen jetzt festgestellt, so war doch die Größe der Abplattung noch ziemlich ungewiß. Man erhielt nämlich aus der Vergleichung der drei Messungen:

Peru m. Frankreich:	Abplattung	$1/_{324}$ = 2,66 M.	an	jedem	Pole.
Peru m. Lappland:	„	$1/_{209}$ = 4,12 „	„	„	„
Frankreich m. Lappland:	„	$1/_{115}$ = 7,48 „	„	„	„

Die peruanische Messung hat sich bei den in neuern Zeiten angestellten Prüfungen des Verfahrens unter allen bis dahin ausgeführten allein als hinreichend genau bewährt. Sie übertrifft in dieser Beziehung selbst manche spätere, was um so mehr zur Ehre der dabei thätigen Gelehrten gereicht, als die örtlichen Hindernisse, mit denen sie auf diesen wilden und rauhen Hochebenen zu kämpfen hatten, gar sehr in Anschlag gebracht werden müssen. Neun volle Jahre hatten sie gearbeitet, allein dafür auch ein Resultat geliefert, was für alle Zeit von bleibendem Werthe ist.

§. 45.

Von den spätern Messungen führen wir hier an: die von Lacaille, 1750, am Vorgebirge der guten Hoffnung; die italienische von Roscowich und Lemaire, 1751—53, und von Beccaria, 1768, die östreichische von Liesganig; die amerikanische, 1764, von Mason und Dixon (in Pensylvanien), wo der ganze Bogen von 1° 28′ 43″ mit der Kette gemessen wurde. Genauer und zuverlässiger sind jedoch, außer der peruanischen, die folgenden:

England (Dun ose bis Cliften 50° 37′ 8″ — 53° 37′ 23″) von Mudge.

Frankreich (Formentera bis Dünkirchen 38° 39′ 56″ — 51° 2′ 9″) von Delambre, Méchain und Arago.

Lappland (Mallörn bis Pahtawara 65° 31′ 31″ — 67° 80′ 51″) von Svanberg und Oefverbom.

Ostindien I. (Trivandeporum bis Paudree 11° 44′ 53″ — 13° 18′ 49″) von Lambton.

Ostindien II. (Punnä bis Kullianpoor 8° 9′ 38″ — 24° 7′ 11″) von Lambton.

Hannover (Göttingen bis Altona 50° 31′ 48″ — 53° 32′ 45″) von Gauß.

Preußen (Trunz bis Memel 54° 13′ 11″,46 — 55° 43′ 40″,46) von Bessel und Bayer.

Liefland (Belin 52° 2′ 41″ — Hochland 60° 5′ 10″) von Struve.

Dänemark (Lauenburg 53° 22′ 17″,05 — Lysabbel — 54° 54′ 10″,35) von Schumacher.

Der Ausführung nahe sind zwei Messungen, die eine als nördliche Fortsetzung der liefländischen und finnischen bis Lappland, zum Anschluß an die Svanberg-Ofverbomsche in Lappland, und eine südliche Fortsetzung eben derselben bis an die Grenzen des ottomanischen Reiches. Zahlreiche Vorarbeiten zu beiden sind bereits vorhanden.

§. 46.

Die Berechnung dieser Messungen haben Walbeck, Smidt und Bessel unternommen. Ersterer hat die peruanische, englische, französische, die beiden ostindischen und die lappländischen zusammengestellt und diese nach der Methode der kleinsten Quadrate so berechnet, daß die Summe der Quadrate der Unterschiede zwischen den gemessenen und

berechneten Bogenlängen ein Kleinstes wird. Er zog die Endpunkte jeder Messung in Rechnung und nahm nur die erste Potenz der in Reihen entwickelten Abplattung auf. Schmidt fügte die hannoversche Messung hinzu, machte die Quadratsumme der Polhöhendifferenzen zu einem Minimum und zog alle Punkte, deren Polhöhe bei diesen Messungen astronomisch bestimmt wurde, in Rechnung; auch nahm er die zweite Potenz der Abplattung mit. Bessel endlich zog alle hier aufgeführte genauere Messungen zur Berechnung hinzu.

Die Resultate sind folgende:

Abplattung.	Mittlerer Grad des Meridians.	Halbe große Axe.	Halbe kleine Axe.	Abplattung in Toisen
Walbeck: $\frac{1}{302,78}$	$57009^{t}.758$	$3271742^{t},79$	$3260989^{t},25$	$10785^{t},54$
Schmidt: $\frac{1}{297,479}$	57008,655	2271852,318	3260853,703	10998,615
Bessel: $\frac{1}{300,7047}$	57011,453	3271953,854	3261072,900	10380,954

Dem letzteren Resultate ist, schon wegen der bedeutend größeren Anzahl der Data, mehr aber noch wegen der hohen Vollendung, welche alle Arbeiten dieses großen Astronomen auszeichnet, das meiste Gewicht zuzuschreiben und es muß demnach so lange beibehalten werden, bis neu hinzugekommene Data vielleicht eine kleine Aenderung desselben veranlassen. Die beiden andern Werthe sind nur angesetzt, um den Grad der Näherung, der durch die neueren Messungen und Berechnungsmethoden allmählig erreicht worden, desto deutlicher überschauen zu können.

Die Bessel'schen Resultate sind vollständig folgende: Abplattung $\frac{1}{300,7047}$ zwischen den Grenzen $\frac{1}{295,9}$ und $\frac{1}{305,5}$ Meridiangrad im Mittel $57011^{t},453$ zwischen den Grenzen

57008,55 u. 57014,35 Erdquadrant in Metern 10000565,^{m}278
zwischen d. G. 10000056,^{m}6 und 10001074,^{m}0
Halbe große Axe: 3271953,854 und deren log. 6,5148071699
Halbe kleine Axe: 3261072,900 „ „ „ 6,5133605073
Länge eines Meridiangrades, dessen mittlere Polhöhe φ.

$$57011{,}^t453 - 284{,}^t851 \cos. 2\varphi + 0{,}^t593 \cos. 4\varphi - 0{,}^t001 \cos. 6\varphi$$

Länge eines Grades des Parallels:

$$57153{,}^t885 \cos. \varphi - 47{,}^t576 \cos. 3\varphi + 0{,}^t059 \cos. 5\varphi$$

Der Krümmungshalbmesser im Meridian, r, ist gegeben durch:

$$\frac{\omega}{r} = 0'',06314600 + 0'',00031552 \cos. 2\varphi + 0'',00000013 \cos. 4\varphi$$

Der Krümmungshalbmesser in der darauf senkrechten Richtung, r', durch

$$\frac{\omega}{r'} = 0'',06293548 + 0,00010482 \cos. 2\varphi - 0,00000004 \cos. 4\varphi$$

und macht man sin. ψ = e sin. φ (wobei log. e = 8,9110835) so hat man

$$\log. \frac{\omega}{r} = 8.8025112.\ 9 + 3 \log. \cos \psi$$

$$\lg. \frac{\omega}{r'} = 8.7996179.\ 6 + \log. \cos. \psi$$

endlich den Krümmungshalbmesser im Azimuth α, der r'' heißen mag:

$$\frac{\omega}{r''} = 0,06304704 + 0,00021017 \cos. 2\varphi + 0,00000004 \cos. 4\varphi + 0'',00010526 + 0,00010535 \cos. 2\varphi + 0,00000009 \cos. 4\varphi \cos. 2\alpha.$$

Für die Entfernung vom Mittelpunkte ϱ und die sogenannte verbesserte Breite φ' hat man

$$\log. \varrho \cos. \varphi' = \log. \cos. \varphi - \log. \cos. \psi$$
$$\log. \varrho \sin. \varphi' = \log. \sin. \varphi - \log. \cos. \psi - 0{,}0028933.3 \;*$$

§. 47.

Andere Mittel, die Gestalt der Erde zu bestimmen. (die Größe kann allein aus directen Messungen hervorgehen) sind die Beobachtungen der Pendellängen und die Theorie des Mondlaufs. Es ist nämlich klar, daß bei einer rotirenden und abgeplatteten Erde die Schwere der Oberfläche aus zwei verschiedenen Ursachen veränderlich seyn müsse. Setzt man die Abplattung α, so sind die Halbmesser des Aequators und Pols im Verhältnisse $1 : 1 - \alpha$, und wenn also die Schwere zum Mittelpunkt für den Aequator mit A, für den Pol mit P bezeichnet wird:

$$A : P = (1 - \alpha)^2 : 1$$

also, wenn man Bessel's Abplattung setzt

$$A = 0{,}993360\,P$$

Allein so einfach läßt sich die wirkliche Abnahme der Schwere vom Pol nach dem Aequator zu nicht bestimmen. Der herausgebrachte Werth von A würde nämlich für einen Punkt gelten, der sich in einer, dem Halbmesser des Erdäquators gleichen Entfernung vom Mittelpunkte einer gleichförmig dichten, mit dem Polarhalbmesser der Erde beschriebenen Kugel befände. Daß die wirkliche Verminderung, soweit sie aus dieser Ursache hervorgeht, geringer seyn müße, mithin das Verhältniß von A : P sich der Einheit mehr nähere, als oben angegeben, ist übrigens leicht einzusehen, allein wir sind mit dem Gesetz, nach welchem die Dichtigkeit im Inneren der Erde zunimmt, unbekannt.

* In diesen Formeln ist $\omega = 206264'',8$; die verbesserte Breite φ aber der Winkel des Erdradius für den betreffenden Ort mit der Ebene des Aequators. —

Zu der hier erwähnten Verminderung der Schwere unter dem Aequator gesellt sich noch eine zweite, von der Schwungkraft herrührende. Aus der Rotation der Erde muß nämlich ein Bestreben der Körper entstehen, sich nach der Richtung der Tangente des Parallelkreises von der Erde zu entfernen, eine Bewegung, welche mit der Richtung der Schwerkraft einen rechten Winkel macht, ihr also (mit dem Ueberschusse der Sekante über den Radius) entgegenwirkt. Die Bewegung der Erdrotation beträgt in 24 Sternstunden 5400 geographische Meilen, in einer Sekunde Sonnenzeit 238,6 Par. Toisen. Wäre die Schwerkraft nicht vorhanden, so würden durch diese Schwungbewegung die Körper sich von der Oberfläche der Erde um:

$\sqrt{3271953,8^2 + 238,6^2} - 3271953,8 = 0,0086997$ Toisen.

entfernt haben. Die Schwerkraft, da sie bei weitem stärker ist, verhindert zwar dieses Entfernen und die Körper bleiben bei der Erde: nichts desto weniger aber kann der Theil der Schwerkraft, welcher zur Annullirung dieser Tangentialbewegung verwandt werden muß, sich nicht als Schwere wirksam erweisen. Der Fall innerhalb einer Sekunde im leeren Raume beträgt um 2,5091 Toisen, mithin wird sie durch die Schwungkraft am Aequator um $\frac{0,0086997}{2,5091} = \frac{1}{288,4}$ ihres Betrages und verhält sich aus dieser Ursache zu der an den Polen stattfindenden wie 287,4 : 288,4.

§. 48.

Beide hier aufgeführten Ursachen wirken zusammen, die Schwerkraft vom Aequator geringer zu machen; da aber beide nicht unabhängig von einander sind, indem von der Rotationsgeschwindigkeit und der Vertheilung der

Dichtigkeit die Abplattung abhängt, so hat dieser Umstand der Theorie Mittel an die Hand gegeben, die gesammte Abnahme, unserer Unkenntniß des Dichtigkeitsverhältnisses ungeachtet, numerisch zu bestimmen. Clairaut hat folgenden Satz aufgestellt und bewiesen:

„Nimmt man die Schwere unter dem Aequator als Einheit an, so ist die Zunahme der Schwere vom Aequator bis zum Pole, addirt zur Abplattung, constant = $^5/_2$ des Verhältnisses der Schwungkraft zur Schwere, das Gesetz der Dichtigkeitszunahme sey übrigens beschaffen, wie es wolle."

Hat man also die Zunahme der Schwere vom Aequator zum Pole durch Beobachtungen bestimmt, so gibt die Auflösung der in diesem Lehrsatze ausgedrückten Gleichung die Abplattung.

In der Mechanik wird ferner folgender Satz bewiesen:

„Die halbe Länge des Sekundenpendels verhält sich zur Länge des freien Falls in der ersten Sekunde, wie das Quadrat des Kreisdurchmessers zum Quadrat der Peripherie."

Folglich sind Pendelbeobachtungen an verschiedenen Erdorten ein Mittel, die Größe des freien Falls, d. h. die Schwere und durch diese die Abplattung zu bestimmen. Die von Schmidt in seinem ausführlichen Lehrbuche der mathematischen und physischen Geographie aufgeführten Pendelbeobachtungen ergeben:

Fallhöhe am Aequator 15',05453 Par. Fuß.

Pendellänge am Aequator 3',050686 Par. Fuß = a.

Pendellänge am Pol 3',066551 P. F. $= a\left(1 + \frac{1}{192,29}\right)$

Abplattung am Pol $\frac{1}{288,20}$ (Grenzen $\frac{1}{285}$ und $\frac{1}{291}$)

§. 40.

Dieß Resultat weicht von dem aus direkten Gradmessungen stärker ab, als die für beide angegebenen Grenzwerthe zu gestatten scheinen, und sind demnach im Widerspruch miteinander, der seinen Grund in irgend einem Mangel der Theorie oder der gemachten Annahme haben muß. Ein solcher Mangel zeigt sich nun bei näherer Betrachtung in der That, und zwar betrifft er sowohl die Grad- als die Pendelmessungen. Die ersteren setzen voraus, daß die Richtung des Falles überall auf der Erde senkrecht zur Ebene des Horizonts sey; die letzteren, daß die spezifische Schwere der Massen an der Oberfläche überall die gleiche sey. Eine genaue Vergleichung sowohl, der Gradmessungen, als auch der Pendelbeobachtungen unter sich hat aber bereits gezeigt, daß keine dieser beiden Annahmen nach aller Strenge gültig sey. Ablenkungen des Pendels von der geometrischen Vertikale werden Einfluß auf die Polhöhe äußern; schwerere Massen, z. B. Metalle, die in bedeutender Mächtigkeit unter dem Orte lagern, wo man das Pendel beobachtet, werden den Schlag desselben beschleunigen, mithin für das Sekundenpendel eine größere Länge finden lassen, und für beide Arten dieser Anomalien sind bestimmte Thatsachen vorhanden, hinreichend, die Abweichung der Resultate beider Methoden (die übrigens nur um $\frac{1}{7200}$ des Erdradius, oder um etwa 2600 Par. Fuß, von einander abweichen) zu erklären.

§. 50.

Wir haben noch ein drittes Mittel, die Abplattung zu bestimmen, und dies ist die Theorie des Mondlaufes.

Der Mond nämlich bewirkt ein Zurückgehen des Aequinoctialpunktes jährlich um 34″ (das übrige der Präcession ist Wirkung der Sonne und der Planeten) und anderseits erleidet er eine Störung in seinem Laufe, die von der sphäroidischen Gestalt abhängt, und folglich ihrer Größe nach durch die Abplattung bestimmt wird. Die Beobachtungen des Mondes geben einen Werth für diese Störung, der eine Abplattung $= \frac{1}{302}$ voraussetzt, also mit dem Resultate der Gradmessung übereinstimmt.

§. 51.

Da nach §. 42 eine geringere Abplattung als $\frac{1}{230}$ eine Zunahme der Dichtigkeit nach Innen voraussetzt, so wird, freilich nur unter Voraussetzung einer regelmäßigen Dichtigkeitszunahme, aus dem Unterschiede der Newton'schen hypothetischen Abplattung von der durch die Beobachtungen gefundenen bestimmen, um wieviel sowohl die mittlere Dichtigkeit des gesammten Erdkörpers, als auch die größte Dichtigkeit im Centrum der Erde, die Dichtigkeit an der Oberfläche übertreffe. Es findet sich, wenn die aus Pendelbeobachtungen gefolgerte Abplattung angenommen wird, die mittlere Dichtigkeit = 1,814, die größte = 3,332.

Wird hingegen die aus den Gradmessungen gefolgerte (Bessel'sche) Abplattung der Rechnung zum Grunde gelegt, so erhält man für die mittlere Dichtigkeit = 2,120, für die größte = 4,271, wo beidemale die mittlere Dichtigkeit der Oberfläche = 1 gesetzt wird.

§. 52.

Die Dichtigkeit an der Oberfläche wird sich ergeben, wenn man diejenigen Massen, welche im Großen die Erdoberfläche konstituiren, durch wirkliche Wägungen ihrer

spezifischen Schwere nach bestimmt. Wir werden hierbei das Wasser und die Metalle, von denen das erstere beträchtlich leicht, die letzteren hingegen sehr schwer sind, als sich gegenseitig aufhebend betrachten können, da das erstere nur bis zu einer verhältnißmäßig geringen Tiefe, letztere aber durchschnittlich in zu geringer Quantität (Mächtigkeit) gefunden werden. Die hiernach zur Vergleichung übrig bleibenden Hauptmassen aber kämen einander der spezifischen Schwere nach so nahe, daß selbst der nachtheilige Umstand, daß wir über ihre verhältnißmäßige Quantität in Ungewißheit sind, das Resultat nur sehr wenig beeinträchtigen kann.

Diese Massen sind etwa folgende:

Granit	2,54	spez. Gewicht.
Kalk	2,74	" "
Sand	2,50	" "
Kiesel	2,66	" "
Thon	2,63	" "
Glimmerschiefer .	2,93	" "
Mittel	2,663	spez. Gewicht.

Hierbei ist die Dichtigkeit des reinen Wassers bei + 4,0 R (wo es am dichtesten ist) als Einheit angenommen.

Es ergäbe sich also für die Dichtigkeit der Erde

$$\text{bei } \frac{1}{288,20} \ldots \frac{1}{300,70}$$

die mittlere Dichtigkeit . . . . . . 4,83 . . . 5,61.
die Dichtigkeit des Centrums . . 8,88 . . 11,17.

§. 53.

Nur die erstere dieser beiden Bestimmungen, die mittlere Dichtigkeit, kann direkt durch Versuche erforscht werden und zwar auf drei verschiedene Arten:

Man beobachtet, welche Ablenkung das Pendel durch die Nähe eines großen Berges erfahre und bestimmt hierauf das Volumen und specifische Gewicht dieses Berges durch direkte Wägungen und Messungen. Da nun zwischen den Größen: Masse des Berges, Masse der Erde, Distanz des Pendels vom Schwerpunkt des Berges, Distanz des Pendels vom Schwerpunkt der Erde, beobachtete Ablenkung, ein bestimmtes Verhältniß stattfindet, und nur die zweite dieser Größen alsdann noch als unbekannte erscheint, so ergibt sich aus den übrigen, sämmtlich bekannten, die gesuchte Erdmasse, folglich, da man ihr Volumen kennt, auch die mittlere Dichtigkeit.

Da aber die mathematische Vertikale von uns nicht direkt gefunden werden kann, sondern die Beobachtungen uns stets nur die physische d. h. die zusammengesetzte Wirkung der Erde und des Berges geben werden, so muß man das Pendel auf beiden Seiten des Berges beobachten, wodurch man die Summe der beiden einander entgegengesetzten Ablenkungen erhält. Denn es sey die Amplitude zwischen beiden Beobachtungspunkten A und B im Bogen der Erdkugel ausgedrückt, m, so muß, wenn keine Ablenkung stattfindet, ein Stern, der A im Zenith, gleichzeitig in B um die Größe m vom Zenith abstehen, oder allgemein die beiden beobachteten Richtungen um m differiren.

Die Ablenkung in A bewirkt, daß die scheinbare Vertikale sich von der wahren um α in einer vom Azimuth A B abwärts gelegenen Richtung entfernt; die Ablenkung in B entsteht in einer ähnlichen β, die vom Azimuth B A abwärts liegt. Astronomische Beobachtungen werden mithin für die Amplitude beider Orte die Größe $m + \alpha + \beta$

ergeben, während terrestrische Messungen m finden lassen, und der Unterschied beider Bögen ergibt also die Summe der beiden Ablenkungen $\alpha + \beta$. Auf diese Weise haben Maskelyne und Hutton in den Jahren 1774 — 1776 Beobachtungen zu beiden Seiten des Berges Shehallion in der Grafschaft Perth unternommen. Seine Gestalt, isolirte Lage und Streichungslinie (von O nach W) waren hierzu die möglichst günstige; er besteht aus Quarz, Glimmerschiefer und altem Kalkstein. Die Summe der Ablenkungen fand Maskelyne 11″,6, mithin war die Wirkung des Berges auf das Pendel = tg 11″,6 = $\frac{1}{17781}$, die Wirkung der Erde als Einheit gesetzt; wofür man nach einer, wegen der Abnahme der Schwere anzubringenden Korrektion $\frac{1}{17804}$ erhält. Dieser Bruch hätte = $\frac{1}{9900}$ seyn müssen, wenn die Dichtigkeit des Berges und der Erde gleich gewesen wäre (nach Huttons Untersuchungen über die Gestalt und Größe des Berges), folglich war die Erde im Verhältnisse von 17804 : 9900 dichter, als der Berg. Playfair untersuchte ferner die Steinarten, aus denen der Berg besteht, und ihre relative Lage, wobei allerdings über die Struktur des Inneren annähernde Hypothesen gemacht werden mußten, und so ergab sich als wahrscheinlichstes Resultat für die mittlere Dichtigkeit der Erde: 4,713, ein Resultat, was sich um 0,4 ändert, wenn in der astronomischen Bestimmung von $\alpha + \beta$ ein Fehler von einer Bogensekunde begangen worden ist.

Hutton machte noch den Vorschlag, eine solche Untersuchung bei einer der aegyptischen Pyramiden anzustellen, die zwar beträchtlich kleiner als der Shehallion sind, aber aus einer regelmäßigen Figur und gleichförmigen Massen bestehen.

§. 54.

Die zweite Methode ist die Beobachtung des Pendels auf einem hohen Berge. Wegen der in größerem Abstande vom Erdcentro verminderten Schwere muß nämlich ein Pendel in einer gegebenen Höhe weniger Schwingungen als an der Oberfläche machen, und unter der Voraussetzung, daß die Masse des Berges = 0 sey, läßt sich also berechnen, wie viel Schwingungen in einer gegebenen Zeit auf der Höhe eines Berges gemacht werden müssen, wenn die Schwingungen am Fuße desselben beobachtet werden.

Beobachtet man nun auf der Spitze des Berges gleichfalls, so wird man, da die Anziehung des Berges hinzukommt, mehr Schwingungen als die Berechnung ergab, beobachten. Sey z. B. der Berg $\frac{1}{2000}$ des Erdradius (18160 Fuß) hoch, so wird die Schwere und folglich die Anzahl der Pendelschwingungen sich unten und oben verhalten, wie

$$2001^2 : 2000^2 = 1001 : 1000\,,$$

wenn die Masse des Berges 0 gesetzt wird. Ein Pendel, welches Sekunden schwingt, folglich unten in einem Tage 86400 Schwingungen macht, würde also unter dieser Voraussetzung oben nur 86314 machen. Man beobachte nun das Pendel oben und finde z. B. 86322 Schwingungen, so wird 86322 — 86314 = 8 von der Anziehung des Berges herrühren, die sich also in diesem Falle zu der Erde wie 1 : 10800 verhält. Untersucht man nun eben so wie in der ersten Methode, Volumen und spezifisches Gewicht des Berges, so wird man durch ganz ähnliche Schlüsse wie in jener zu einem numerischen Ausdruck für die Dichtigkeit des Erdkörpers gelangen.

Carlini hat Messungen dieser Art auf dem Mont Cenis in den Alpen angestellt, welche, mit denen von Biot

zu Bordeaux gemachten verglichen, die Dichtigkeit der Erde im Mittel: 4,837 ergeben. Ein Fehler von einem Hunderttausendtheil in der Bestimmung der Länge des Sekundenpendels würde in dem vorstehenden Resultat eine Aenderung von 0,22 bewirken.

Beide hier aufgeführten Methoden sind also, obwohl theoretisch richtig, doch wegen des großen Einflusses kleiner Fehler und wegen der Unsicherheit, die in der Bestimmung der Gestalt, des Volumens und des spezifischen Gewichts eines Berges liegt, nur geeignet, ein annähernd richtiges Resultat herbeizuführen. Sie zeigen, daß die Abplattungstheorie im Ganzen zu richtigen Schlüssen geführt hat; sie sind aber nicht hinreichend, eine Entscheidung zwischen der aus Pendelbeobachtungen und der aus Gradmessungen gefolgerten Abplattung herbeizuführen.

§. 55.

Der erste dieser Mängel wird sich bei keiner Methode, die von sehr kleinen Quantitäten auf sehr große zu schließen genöthigt ist, vermeiden lassen, und nur die Verfeinerung der Beobachtungen, so wie die Vermeidung aller dieselben störenden und dem Calcul sich entziehenden Einflüsse kann die Grenzen der Ungenauigkeit verengern: den letztern aber vermeidet eine dritte Methode, die Drehwage, welche Cavendish zuerst in Anwendung gebracht hat.

Ein Stab von sehr dünnem Holze trage an beiden Enden zwei Bleikugeln A und B von gleicher Größe und Masse, und sey in seinem Mittelpunkte C horizontal an einem Drathe aufgehängt, so wird es eine Lage geben, in welcher diese Drehwage sich in Ruhe befindet, und um welche sie, wenn sie in eine andere durch irgend welche

fremde Kraft gebracht wird, hin und her schwingt. Man bringe nun zwei möglichst große Massen, z. B. Bleikugeln, E und F symmetrisch gegen A und B an, so wird die Anziehung dieser Massen Schwingungen hervorbringen, aus deren Größe und Zeitdauer, verglichen mit der Größe und Zeitdauer ähnlicher Schwingungen, welche die Erde bei einem senkrechten Pendel hervorbringt, das Verhältniß dieser Anziehungen, und folglich, da alle übrigen Größen bekannt sind, die Dichtigkeit der Erde berechnen.

Es ist klar, daß das Volumen und spezifische Gewicht, so wie der Schwerpunkt, bei diesen Bleimassen sich mit größerer Sicherheit bestimmen lassen wird, als bei Bergen, wie sie uns die Natur liefert, daß also diese Methode mit den beiden vorhin erwähnten nur die erste Unvollkommenheit theilt, rücksichtlich der zweiten aber gegen sie in bedeutendem Vortheil steht.

Cavendish stellte mit seinem Apparat vom 5. August 1797 bis zum 30. Mai 1798 eine Reihe von 17 Versuchen an, welche ihm ein Mittel für die Dichtigkeit der Erde: 5,48; ergaben. Reich in Freiberg wiederholte die Versuche in einem tiefen Keller, um störende Einflüsse des Luftzuges zu vermeiden (auch Cavendish hatte zu ähnlichem Zwecke seinen Apparat mit Glas umschlossen und aus bedeutender Distanz durch ein Fernrohr beobachtet) und fand aus 19 Versuchen ein dem Cavendish'schen nahe kommendes Resultat, 5,44; also dem Resultat, welches die Gradmessungen ergeben, beträchtlich näher kommend als dem, welches auf die Beobachtungen des Pendels in verschiedenen Höhen beruht.

Nimmt man 5 ½ als die der Wahrheit möglichst nahe kommende mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers an, so ist das

Gewicht des ganzen Erdkörpers sehr nahe gleich 14 Quadrillionen Pfund.

§. 56.

Die Uebereinstimmung der auf so gänzlich verschiedenen Wegen, Drehwage und Gradmessungen, gefundenen Erddichtigkeit ist vollständig genügend in Bezug auf die Genauigkeit, welche jeder dieser Methoden zugeschrieben werden kann. Nach den von Bessel bestimmten Fehlergrenzen fallen nämlich die von Walbeck und Schmidt gefundenen Abplattungswerthe noch innerhalb derselben, sind also sehr wohl möglich. Es findet sich nun

Aus Walbeck's Abplattungscoefficienten die mittlere Erddichtigkeit = 5,76.

Aus Schmidt's Abplattungscoefficienten die mittlere Erddichtigkeit = 5,44.

Aus Bessel's Abplattungscoefficienten die mittlere Erddichtigkeit = 5,61:

Aus Cavendish's Versuchen mit der Drehwage = 5,48.

Aus Reich's „ „ „ = 5,44.

Das Mittel aus diesen 5 Werthen ist also 5,53, und keine dieser Bestimmungen weicht um mehr als $^1/_{24}$ davon ab.

Es ergibt sich daraus zugleich, daß die Annahme einer von der Oberfläche nach dem Innern symmetrisch und stetig wachsenden Dichtigkeit mit der Wahrheit nahe übereinstimmen, daß folglich Höhlungen, welche im Vergleich zum Gesammtvolumen der Erde eine merkliche Größe hätten, in ihrem Innern nicht vorhanden sind und sie als eine solide Kugel angesehen werden müsse, deren innerster Kern mit der mittlern Dichtigkeit der Metalle nahe übereinstimmt.

§. 57.

Die Entfernung zweier Orte auf der Erde, wenn ihre Längen und Breiten gegeben sind, ist auf der sphäroidischen Oberfläche nicht mehr so einfach zu bestimmen, wie die §. 33 aufgeführte Formel es für die kugelförmige Erde lehrt, doch ist der Unterschied stets unerheblich. Die genauen Formeln hat Schmidt in seiner mathematischen Geographie, p. 223 bis 230, entwickelt; es sind die folgenden:

Sey α die Abplattung, l, l′ und b, b′ die Längen und Breiten der beiden Orte, so berechne man

$$\text{tg. } u = (1 - \alpha) \text{ tg. } b$$

$$\text{tg. } u' = (1 - \alpha) \text{ tg. } b'$$

$$\tfrac{1}{2} \text{ sin. } (l' - l) \left[1 + \tfrac{1}{4} \text{ sin. } (l' - l)^2\right] = E$$

$$A' = \frac{\text{sin. } (u' - u)}{\text{cos. } u' \, (\text{sin. } l' - l)} + \frac{\text{sin. } u}{\text{cos. } u'} \cdot E$$

$$\text{sin. } A' \text{ cos. } u = \text{sin. } g; \ \frac{\text{sin. } g.}{\text{cos. } u'} = \text{sin. } h$$

$$\frac{\text{cos. } g^2 \cdot \text{cos. } u'}{\text{sin. } u \text{ sin. } u' + \text{cos. } h \text{ cos. } A' \text{ cos. } u \text{ cos. } u'} = F$$

$$\frac{\text{sin. } u + \text{cos. } u \text{ sin. } u'}{\text{cos. } u'} = n$$

$$\text{cotg. } A = \text{cos. } A' - \alpha \, F \text{ cos. } u' \, (\text{cotg. } A' - n \, E)$$

$$\text{cos. } \beta = \text{sin. } A \text{ cos. } u$$

$$\text{sin. } \omega = \frac{\text{sin. } u}{\text{sin. } \beta}; \ \text{sin. } \omega = \frac{\text{sin. } u'}{\text{sin. } \beta}; \ \omega' - \omega = \Omega$$

$$\frac{s}{a} = \Omega \, (1 - \alpha + \tfrac{1}{2} \alpha \text{ sin. } \beta^2) - \text{sin. } \Omega \text{ cos. } (\omega + \omega') \text{ sin. } \beta^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Hier ist $\frac{s}{a}$ das Verhältniß der kürzesten Distanz auf der Oberfläche zum Halbmesser des Aequators. Diese kürzeste Distanz ist die sogenannte geodätische Linie. Da sie stets mit dem Bogen eines größten Kreises auf der als Kugel angenommenen Erdfläche nahe zusammenfällt, so kann man

in allen Fällen, wo nicht sehr große Genauigkeit erfordert wird, die Formel §. 33 mit einigen kleinen Korrektionen anwenden, die wir im folgenden §. darstellen wollen. Wendet man die Formel für die Kugel schlechtweg an, so kann der Fehler in einzelnen Fällen bis $\frac{1}{200}$ der zu bestimmenden Distanz gehen.

§. 58.

Da es hauptsächlich darauf ankommt, Längen- und Breitengrade anzuwenden, deren Größe mit derjenigen übereinstimmt, die sich auf einer Kugel vom Umfange des Erdmeridians ergeben würden, so wollen wir hier die Mittel angeben, aus den gegebenen b, b′, l, l′ die hierzu erforderlichen Werthe zu entwickeln.

Man mache sich eine Tabelle für die sogenannten verbesserten Breiten φ' (§. 46), so wie für die Größen eines Grades des Parallelkreises λ, nach den daselbst aufgeführten Bessel'schen Formeln

$$\begin{cases} \text{log. sin. } \psi = \text{log. sin. b} - 1.0889165 \\ \text{log. } \varrho \text{ cos. } \varphi' = \text{log. cos. b} - \text{log. cos. } \psi \\ \text{log. } \varrho \text{ sin. } \varphi' = \text{log. sin. b} - \text{log. sin. } \psi - 0{,}0028933 \end{cases}$$

$$\lambda = 57153^t{,}885 \text{ cos. b} - 47^t{,}576 \text{ cos. } 3\varphi + 0^t{,}059 \text{ cos. } 5\varphi$$

Diese verbesserten Breiten sind die Winkel der Radienvektoren am Mittelpunkte der Erde. Sie geben, ebenso wie die Polhöhen, ungleiche Größen für die einzelnen Grade, allein diese Ungleichheit ist wenig über $^1/_5$ derjenigen, welche sich bei den Polhöhen ergibt. Macht man nun

$$B = b - 0{,}7306\,(b - \varphi')$$

für jede der gegebenen Breiten, so werden die so erhaltenen **B** und **B′** der obigen Bedingung rücksichtlich der Breiten so nahe entsprechen, daß der Fehler nie über $\frac{1}{100000}$ des gesammten Betrages geht.

Um für $(l' - l)$ denjenigen Werth zu erhalten, der hier anzuwenden ist, vergleiche man die Größe eines Grades des Parallelkreises unter der Breite $\frac{b + b'}{2}$ mit der, welche auf der Kugel der Breite $\frac{B + B'}{2}$ angehören würden. Der erstern Werth ist:

$$57153'885 \cos \frac{b + b'}{2} - 47576 \cos. \tfrac{3}{2} (b + b') + 0'059 \cos. \tfrac{5}{2} (b + b') = P.$$

der zweite dagegen

$$57153'885 \cos. \frac{B + B'}{2} = Q.$$

macht man nun

$$\frac{P}{Q} = \mu$$

so ist $\mu (l' - l)$ derjenige Werth, der statt $(l' - l)$ in die Formel §. 33 gesetzt werden muß, und diese wird also
$\cos. \zeta = \sin B \sin. B' - \cos. B \cos. B' \cos [\mu (l' - l)]$
wo ζ in Graden erhalten wird, deren jeder 57011'453 enthält und auf diese Weise die gesuchte Distanz in Toisen ergibt.

Da die in §. 57 aufgeführten Formeln bei der Berechnung mehr als 100 Logarithmen und zugehörige Zahlen erfordern, die hier angegebene Berechnungsweise aber, besonders beim Gebrauch von Tabellen, sehr leicht und einfach ist, auch an Genauigkeit der erstern, wenn man nicht mehr als 6 Decimalen der Logarithmen anwenden will, praktisch wenig oder gar nicht nachsteht, so wird es meistens vorzuziehen seyn, letztere anzuwenden.

b	Größe eines Meridiangrades unter der Breite b.			Größe eines Grades des Parallelkreises b.		
0	56727,19		8,60	57106,37		431,96
		4,30			255,98	
5	56731,49		8,34	56890,49		430,01
		12,74			645,99	
10	56744,23		8,09	56244,40		425,64
		20,83			1071,63	
15	56765,06		7,46	55172,77		417,87
		28,29			1489,50	
20	56793,35		6,61	53683,27		407,12
		34,90			1896,62	
25	56828,25		5,58	51786,65		393,38
		40,48			2290,00	
30	56868,73		4,37	49496,65		376,68
		44,85			2666,68	
35	56913,58		3,00	46829,97		357,14
		47,85			3023,82	
40	56961,43		1,58	43806,15		334,84
		49,43			3358,66	
45	57010,86		0,07	40447,49		309,83
		49,50			3668,49	
50	57060,36		1,54	36779,00		282,42
		47,96			3950,91	
55	57108,42		2,70	32828,09		252,63
		45,26			4203,54	
60	57153,58		4,39	28624,55		220,73
		40,87			4424,27	
65	57194,45		5,56	24200,28		186,97
		35,31			4611,24	
70	57229,76		6,63	19589,04		151,60
		28,68			4762,84	
75	57258,44		7,54	14826,20		114,87
		21,14			4877,71	
80	57279,58		8,19	9948,49		77,16
		12,95			4954,87	
85	57292,53		8,58	4993,62		38,75
		4,37			4993,62	
90	57296,90		8,71	0,00		0,00

bplattung $\frac{1}{300,7047}$

Verbesserte Breiten.			Log. des Rad. vector.		
0° 0′ 0″,00		0″,00	0.0000000		218
	4°58′ 1″,08			109	
4 58 1 08		3 58	9.9999891		215
	4 58 4 66			324	
9 56 5 74		7 05	9999567		203
	4 58 11 71			527	
14 54 17 45		10 38	9999040		190
	4 58 22 09			717	
19 52 39 54		13 27	9998323		169
	4 58 35 36			886	
24 51 14 90		15 72	9997437		143
	4 58 51 08			1029	
29 50 5 95		18 04	9996408		107
	4 59 9 12			1136	
34 49 15 10		19 55	9995272		76
	4 59 28 67			1212	
39 48 43 77		20 49	9994060		45
	4 59 49 16			1257	
44 48 32 93		20 88	9992803		1
	5 0 10 04			1256	
49 48 42 97		20 62	9991547		34
	5 0 30 66			1222	
54 49 13 63		19 69	9990325		75
	5 0 50 35			1147	
59 50 3 98		18 17	9989178		105
	5 1 8 52			1042	
64 51 12 50		16 13	9988136		147
	5 1 24 65			895	
69 52 37 15		13 61	9987241		167
	5 1 38 26			728	
74 54 15 41		10 60	9986513		189
	5 1 48 86			539	
79 56 4 27		7 17	9985974		210
	5 1 56 0			329	
84 58 0 30		3 67	9985645		218
	5 1 59 70			111	
90 0 0 00		0 00	9985534		222

§. 59.

(Siehe: Tafel für die Abplattung ꝛc.)

Die angesetzten ersten und zweiten Differenzen können dienen, für andere Breiten die entsprechenden Werthe zu finden, wenn man nicht vorzieht, sie aus den Formeln selbst zu entwickeln. So ist z. B. für Berlin, dessen Breite = 52° 30′ 16″,36;

der Grad des Meridians 57084',63
" " " Parallelkreises 34833,34
die verbesserte Breite 52° 19′, 12″,16
der log. des Radius Vector Breite 9.9990928

Der angegebenen Größe eines Grades kann man sich auch bedienen, um beim Entwerfen von Karten die Abplattung der Erde, wenn man es nöthig findet, zu berücksichtigen.

Physische Geographie.

§. 60.

Die Oberfläche des Erdsphäroids ist nur zum geringern Theile trockenes Land; dem größern Theile nach ist sie mit Wasser bedeckt, dessen Hauptmasse als Ocean das Land umgibt und es in einige große und kleinere Massen theilt. Die größern Theile nennt man Continente, die kleinern Inseln. Man zählte drei Continente; die Zahl der Inseln läßt sich nicht bestimmen, wiewohl nur wenige noch ganz unbekannt seyn mögen. Die Continente sind folgende:

1) der östliche Continent oder die sogenannte alte Welt, Asien, Afrika, Europa;

2) der westliche Continent oder die neue Welt, Nord- und Süd-Amerika;

3) der südliche Continent, Australien (Neuholland);

Ersterer ist der größte, und sein Flächeninhalt übertrifft, wiewohl er noch nicht genau bestimmt ist, den Flächeninhalt aller übrigen Continente und Inseln zusammengenommen. Man kann ihre Größe in annähernd folgender Art bestimmen:

Oestl. Continent:	Europa	155000 □ M.	(à 3807 T. d. M.)
" "	Asien	800000 "	"
" "	Afrika	550000 "	"
		1505000 "	"
Westlicher Continent	.	750000 "	"
Südlicher Continent	.	120000 "	"
Inseln	.	100000 "	"
		2475000 □ M.	(à 3807 T. d. M.)

wozu noch einige muthmaßliche Inseln in der Nähe der Pole kommen mögen, welche zu 25000 Quadratmeilen gerechnet, die Masse des sämmtlichen Landes der Erde auf $2\frac{1}{2}$ Million Quadratmeilen bringen. Da die gesammte Oberfläche 9280000 Quadratmeilen beträgt, so würden die Oceane 6780000 Quadratmeilen einnehmen; oder wenn man die gesammte Erdoberfläche in 100 Theile theilt, so kommen 27 Theile auf das Land und 73 auf das Wasser.

Die Vertheilung des Landes und Wassers über die beiden Halbkugeln, die nördliche und südliche, ist sehr ungleich. Die breitesten Landmassen lagern in der nördlich gemäßigten Zone; jedoch auch die nördlich kalte und der

nördliche Theil der heißen enthalten große Strecken Land. Die heiße und gemäßigte Zone der südlichen Halbkugel enthält nur $^1/_4$ so viel Land als die gleichnamigen der Nordhalbkugel. In der südlich kalten Zone kannte man bis auf die neuesten Zeiten hin nur einige kleine von Billingshausen 1819 entdeckte Felseninseln. An verschiedenen Stellen waren zwar Seefahrer, namentlich Cook 1769 und Weddel 1823, der erstere bis zu 71 $^1/_3$°, der letztere bis zu 74° vorgedrungen, ohne auf Land zu stoßen; ja letzterer hatte sogar noch in dieser hohen Breite ein eisfreies Meer, und würde noch weiter vorgedrungen seyn, wenn die vorgerückte Jahrszeit ihn nicht hätte besorgen lassen, abgeschnitten zu werden. Erst seit 1830 datirt eine Reihe von Entdeckungen, durch welche wir jetzt eine zusammenhängende Küste kennen, die sich vom 95° bis 195° der Länge erstreckt, und deren mittlere südliche Breite 67° ist. In Osten krümmt sie sich südlich, und hier sind Roß und Crozier 1841 bis zum 79° längs dieser Küste vorgedrungen und an verschiedenen Punkten gelandet. Hohe Berge, die sie theils nahe vor sich hatten, theils in der Ferne erblickten, und unter denen sich ein mächtiger Vulkan befand, deuteten auf eine beträchtliche Ausdehnung des Landes. Allein wenn es sich auch bis an den Südpol erstrecken und diesen selbst noch mit einschließen sollte, so würde dennoch das oben angegebene Verhältniß der Landvertheilung sich nur unerheblich ändern. Nach den bis jetzt vorliegenden Daten sind mindestens zwei Drittheile der südlich kalten Zone oceanisch, und das Land beträgt also höchstens 0,013 der Erdkugel, vielleicht aber noch nicht halb so viel. Bei der Annahme 0,013 würde Land und Wasser sich zu einander wie 28 : 72 statt wie 27 : 73 verhalten.

Von den obigen 27 Theilen fallen 22 in die nördliche und nur 5 in die südliche Halbkugel; in jener verhalten sich Land und Wasser wie 11 : 14; in dieser wie 1 : 9. Noch größer wird die Ungleichheit, wenn man einen Punkt unter 40° südl. Br. und etwa 220° östl. L. von Ferro als Pol der einen Halbkugel annimmt. Diese ist dann fast ganz Wasserhalbkugel, da nur etwa $1/_{25}$ derselben aus Land besteht, während die entgegengesetzte etwa eben so viel Land als Wasser enthält.

Diese große Ungleichheiten zeigen schon, daß die Tiefe der Oceane nicht sehr beträchtlich gegen den Erddurchmesser seyn könne, da eine auf mehrere geogr. Meilen sich erstreckende durchschnittliche Tiefe derselben mit dem Gleichgewicht der Erde nicht bestehen könnte. Nur einzelne, wenig ausgedehnte Stellen desselben mögen beträchtlich tiefer seyn.

Die Inseln, deren größte Borneo, von 14000 Quadratmeilen, ist, liegen theils isolirt im Ocean, größtentheils jedoch in der Nähe der Continente, zu denen sie auch gerechnet werden. Sie bilden meistens Gruppen, deren beträchtlichste die Gruppe des indischen Archipels ist. Eine zweite große Gruppe ist die, welche zwischen Nord- und Süd-Amerika liegt und den Namen Westindien führt.

Halbinseln sind solche Theile der Continente, welche nur auf einer Seite mit der Hauptmasse einen Zusammenhang haben, dem größten Theile nach aber vom Meere umfluthet werden. Sind sie schmal und langgestreckt, so heißen sie Landzungen. Landengen sind schmale Striche, durch welche breitere Massen zusammenhängen.

Die größten Halbinseln erstrecken sich von den Continenten aus nach Süden, auch wenn sie (wie Californien,

Florida und Korea) an den West= und Ostseiten derselben liegen und die Continente selbst laufen gegen Süden schmäler aus, während sie im Norden in großer Breite lagern. Nach Norden sind Halbinseln seltener und beträchtlich kurzer. Große Busen des Meeres dringen von allen Seiten in das Land hinein und bewirken eine Gliederung der Continente, die sich auf diese Weise in ein völlig zusammenhängendes Innere und einzelne äußere Glieder theilen. Die Halbinseln sind häufig durch eine Kette von Inseln gleichsam fortgesetzt, oder auch eine größere Insel liegt ihrer Spitze gegenüber, und ist durch einen schmalen Meeresarm von der Halbinsel getrennt. So Sicilien, Ceylon, das Feuerland.

Doch sind alle diese vergleichenden Bemerkungen nur beiläufig zu nehmen, und eine feste Regel, welche die Natur bei Anordnung und Gliederung der Landmassen befolgt habe, ist nicht zu entdecken. Die Aehnlichkeiten der Form zwischen den einzelnen Landmassen sind nur gering und berechtigen uns nicht, irgend einer bestimmten Hypothese über die Bildung derselben den Vorzug vor den übrigen zu geben, so fern man nämlich blos die horizontalen Dimensionen betrachtet.

§. 61.

Das Land zeigt mit wenigen Ausnahmen überall größere und kleinere Unebenheiten, die wir einzeln als Berge, Hügel, Landrücken u. d. gl.; ihrer Gesammtheit nach aber als Gebirge und Hochebenen bezeichnen. Ihre Höhe wird stets in senkrechter Richtung genommen: sie heißt relative Höhe, wenn man den Unterschied der Erhebungen zweier Punkte des Landes angiebt, absolute dagegen, wenn sie vom Spiegel des Meeres aus gemessen

wird. Hierbei wird angenommen, daß die Oberfläche des Meeres genau mit der sphäroidischen Figur zusammenfalle, welche die Messungen für den Erdkörper ergeben, und daß diese also auch für die nicht wasserbedeckten Theile die Oberfläche des allgemeinen Gleichgewichts sey. Wiewohl dieß nun noch keineswegs durch bestimmte Beobachtungen der Strenge nach bewiesen ist, auch Andeutungen vorhanden sind, welche auf kleine lokale Abweichungen schließen lassen, so ist man dennoch, will man nicht auf Bestimmungen absoluter Höhen ganz verzichten, genöthigt, den Meeresspiegel als Normalebne für Höhenbestimmungen anzunehmen.

§. 62.

Die größten Hochebenen liegen im Inneren der Continente; kleinere auch in den sich verzweigenden halbinselartigen Theilen derselben. Das Innere von Asien enthält die ausgedehnteste Hochfläche, die aber als Ganzes nur etwa 3 — 4000 Fuß mittlere Erhebung zeigt. Einzelne Theile derselben steigen jedoch weit höher empor, am höchsten das tibetanische Plateau von 9 — 10,000 Fuß Höhe. Das südwestliche Asien enthält ein zweites kleineres Hochland, das Plateau von Iran, von 2000 — 2500 Fuß Höhe; und die Halbinseln, in welche der Süden und Osten Asiens sich spaltet, enthalten mehrere kleinere Hochländer, so das südliche Arabien und Dekan.

Afrika's größte Hochebenen befinden sich im Süden; doch ist noch nicht entschieden, ob der ganze südliche Theil bis zu 10° nördl. Br. hinauf ein geschlossenes Hochland bilde, wie es die gewöhnliche Annahme ist, oder ob es in mehrere Theile zerfalle. An einzelnen Punkten hat man die Höhe

des südafrikanischen Plateau's zu 6000 Fuß gefunden. Nordafrika enthält nur einzelne Hochländer von bedeutender Erhebung, das Plateau der Berberei, Barka, Habesch, von 4 — 6000 Fuß Höhe; denn die Sahara kann, wie die neuesten Reisen gezeigt haben, weder als ein zusammenhängendes, noch überhaupt als ein beträchtlich emporsteigendes Hochland betrachtet werden.

Amerikas Hochländer sind nicht von bedeutender Ausdehnung, aber von ansehnlicher Höhe. Das Bedeutendste ist das Hochland von Mexico 7 — 8000 Fuß hoch. Südamerika enthält in seinem westlichen Theile viele kleine Hochebenen, die aber 8 — 9000 Fuß ansteigen, wie die von Quito, Bogota u. a.; und die durch sehr tiefe Thäler von einander getrennt sind. Europa's Hochländer sind weder der vertikalen noch horizontalen Dimension nach von Erheblichkeit. Die castilische Hochebene im Innern Spaniens hat etwa 1800 Fuß; die provencalische in Südfrankreich 1200 Fuß Höhe. Im übrigen Frankreich, sowie in Deutschland, Preußen, Polen, sind entweder keine oder noch unbedeutendere als die angeführten. Die Teleczа in Ungarn steigt wenig über 1000 Fuß empor, die vereinzelten Hochflächen Rußlands sind eben so unbedeutend. Auch Skandinavien, sowie der südöstliche Theil Europa's, zeigt diese Form nur in sehr beschränktem Maaße auf. —

Den australischen Continent kennen wir noch zu wenig: er scheint übrigens auch nicht aus einer einzigen, gegen das Meer abstürzenden Hochfläche zu bestehen, sondern mehrere Plateau's von verschiedener Höhe zu enthalten. Bei den Inseln versteht es sich von selbst, daß eigentliche Hochländer nur selten und dann nur in beschränkteren Dimensionen gefunden werden.

§. 63.

Dem Hochlande entgegengesetzt ist das Tiefland, welches sich seltener im Inneren der Continente ohne Berührung mit dem Meere findet, sondern in den meisten Fällen von der Küste aus sich mehr oder weniger weit gegen das Innere hin erstreckt. Die Tiefländer nehmen auf der Erde einen größeren Flächenraum ein, als die Hochländer und bieten größere Ebenen als diese dar; vollkommen meeresgleich können sie natürlich nur an wenigen Stellen seyn, wiewohl sich auch Tiefländer finden, die unter die Fläche des Meeres hinabgehen (natürlich ohne Verbindung mit diesem).

Asiens größte Tiefländer sind das sibirische, chinesische, hinterindische, die Tiefländer des Ganges, Indus und Euphrat und das caspische Tiefland, welches letztere bis zu 93 Fuß unter dem Spiegel des Oceans hinabsinkt. Gleichwohl ist dieß noch nicht der tiefste Punkt Asiens. Das Jordanthal liegt nach bestimmten Barometermessungen im Durchschnitt 5 — 600 und das todte Meer, worin dieser Binnenstrom mündet, gegen 1000 Fuß unter dem Spiegel des Meeres; nur ist freilich die horizontale Ausdehnung dieses eingesenkten Theiles zu gering, um als Tiefland im eigentlichen Sinne aufgeführt werden zu können; es ist vielmehr nur eine tiefe Kluft zwischen dem Plateau von Palästina und dem gegenüberliegenden des syrischen Wüstenrandes.

Afrika hat nur kleinere Tiefländer, unter denen Aegypten und Senegambien die bedeutendsten sind. Das Tiefland des Niger ist vielleicht größer, allein noch wenig bekannt, sowie auch das Innere noch manches Tiefland enthalten mag.

Amerika hat sehr große Tiefländer: der ganze

Norden mit Ausnahme der westlichsten Gegenden ist von 50° Br. an ein weites, wenig unterbrochenes, mit großen Gewässern bedecktes Tiefland. Ferner die Tiefländer des Mississippi=, des Amazonen= und Plata=Stromes, die sämmtlich nächst dem sibirischen als die größten der Erde angesehen werden müssen.

Europa's Tiefländer sind ebenfalls im Verhältniß zur geringern Größe des Erdtheils ansehnlich zu nennen. Andalusien, Guienne, die Lombardei, die Länder an der unteren Donau sind die größten Tiefländer des Südens. Mit dem belgisch=holländischen Tieflande, in welchem einzelne Punkte meeresgleich, ja selbst tiefer als das Meer liegen und mit großen Kosten künstlich geschützt werden müssen, beginnt eine wenig unterbrochene, bis an Asiens Grenze reichende Tiefebene, welche die Nord= und Ostseeländer, nebst dem größten Theile des inneren Rußlands begreift.

§. 64.

Nur an wenigen Punkten der Erde stürzt das Hochland plötzlich zur Tiefebene oder zum Meere ab. Bei weitem die meisten gehen durch Uebergangsglieder (Stufenländer) in die entgegengesetzte Form über und diese Stufenländer zeigen eine bei weitem größere Mannichfaltigkeit als die beiden extremen Formen. Ihre Höhe ist natürlich sehr mannichfaltig und wechselnd und kann nur selten auf eine gewisse Mittelzahl gebracht werden. Sie sind der Entwickelung der meisten Organismen am günstigsten; in ihnen hat sich auch die Cultur stets am glücklichsten entfaltet. —

Scharfe Grenzen für diese drei Hauptformen lassen sich übrigens eben so wenig ziehen, als es möglich ist in allen

Fällen bestimmt anzugeben, welcher Form eine Erdgegend angehöre. Meistens treten sie mehr oder weniger gemischt auf, und das Stufenland nimmt sowohl an der Natur des Hochlandes, als der des Tieflandes Theil. — Uebrigens setzt keine dieser Formen nothwendig ein Gebirge im eigentlichen Sinne voraus und in keiner ist ein solches nothwendig ausgeschlossen; doch gehören allerdings die meisten Gebirge den Stufenländern und dem Rande der Hochebenen, die wenigsten den Tiefländern an. Die angegebenen drei Hauptformen der Bodengestaltung aber würden bleiben, wenn man auch alle eigentlichen Gebirge hinwegdenken wollte, ja sie würden alsdann nur um so reiner und schärfer geschieden heraustreten.

§. 65.

Diejenigen **Gebirge**, welche auf Hochebenen emporsteigen, können bei sehr geringer Erhebung über diese Flächen doch eine sehr ansehnliche absolute Seehöhe haben, da die bedeutende Erhebung des Fußes hinzukommt. Indeß kommen auf mehreren, z. B. dem mexikanischen und tibetanischen Hochlande, auch Gebirge vor, die relativ genommen, zu den hohen gerechnet werden müssen.

Die bedeutendsten Gebirge sind im Allgemeinen diejenigen, welche am Rande der Hochländer emporsteigen, also von einer Seite gesehen, weit höher erscheinen, als von der andern. Auch in den Stufenländern selbst steigen bedeutende Gebirgszüge empor: die Tiefländer dagegen sind nur von niedrigem Gehügel, selten über 1000 Fuß ansteigend, unterbrochen. Viele hohe Berge kommen auf den Inseln vor.

Nach der Form ihres Gipfels sind die Berge: **Spitzberge** (Pic Aiquille), **domförmige Berge** und

Tafelberge, welche letztere gleichsam Hochflächen der kleinsten Art darstellen. Die Abhänge sind von sehr verschiedener Steilheit.

Die Berge stehen nur selten isolirt; sie hängen vielmehr dergestalt zusammen, daß die Senkung zwischen zweien Gipfeln viel geringer ist, als der Abfall nach andern Seiten hin. Solche Stellen bilden die Uebergangspunkte von einer Seite des Gebirgs zur andern: es sind dieß die Paßhöhen (Sättel.)

Den Fuß der Berge bilden die Thäler, die von der verschiedensten Form, theils eng und steil, theils flach und weitgeöffnet, geradlinigt oder gewunden vorkommen. Die meisten haben einen Ausgang in die Ebene, oft durch sehr enge Schluchten. Fehlt ein solcher Ausgang gänzlich, so daß das im Thale sich sammelnde Wasser nicht herausfließen kann, so entsteht ein Kesselthal. Nach dem Winkel, den die Streichungslinie des Thales mit der des Gebirges macht, unterscheidet man Längen- und Querthäler; für erstere ist die parallele Richtung, für letztere der rechte Winkel das Normale. Die meisten Thäler haben nur nach einer Seite hin einen Ausgang und sind an der andern geschlossen, oder ein Sattel scheidet sie von dem gegenüberliegenden Thale. Durchgehende, an beiden Enden offene Thäler setzen natürlich Isolirung der Berge voraus. Die reichste und mannichfaltigste Ausbildung der Thalformen bieten die Stufenländer dar; Hochländer haben meist große Kesselthäler; in den Tiefländern kommen nur flache und weit geöffnete Thäler vor.

§. 66.

Das höchste uns bekannte Gebirge ist das Himalaya-Gebirge im Norden von Indien. Es bildet den Rand des

tibetanischen Hochlandes und steigt mit seinem höchsten Gipfel, dem Dhawalagiri, 25000 Par. Fuß empor. Viele andere Gipfel sind 20 — 24000 Fuß hoch, und man findet hier bewohnte Ortschaften bis zu 14500 und Pässe bis zu 16000 Fuß Höhe. Sein Inneres ist uns erst seit kurzem bekannter geworden. Andere hohe Gebirge ziehen im N und NO des Himalaya, die wir noch weniger kennen und unter denen sich leicht noch höhere Gipfel befinden können. Wir kennen überhaupt den eigentlichen Zusammenhang der Gebirge des inneren Asiens noch zu wenig und ebenso ihre Höhe. Die des westlichen Asiens sind uns etwas besser bekannt, und hier ist der Kaukasus das höchste, wo der Ararat sich zu 17000 Fuß erhebt.

In Afrika kennen wir noch keinen Berg, der 14000 Fuß überstiege, da aber mindestens die Hälfte dieses Welttheils noch gänzlich unerforscht ist, so kann diese Angabe kein sicheres Datum der Vergleichung gewähren. Die Berge von Habesch, der große Atlas, die sogenannten Mondsgebirge, endlich die Berge des Hochlandes, der Amboser in der Nähe des großen guineischen Meerbusens sind unter den bekannteren die höchsten.

Amerika enthält, besonders in seinem südlichen Theile, sehr hohe Berge. Die Andeskette, das längste aller Erdgebirge, durch mehr als 100 Breitengrade fortziehend, enthält unter 12° bis 16° südl. Br. Berge, die bis zu 24000 Par. Fuß emporsteigen: der Sorato und Ilimani. Viel früher schon kannte man die hohen Berge am Aequator, wo der Chimborazo von 20000 Fuß Höhe lange Zeit für den höchsten Berg der Erde galt. Das Gebirg zieht in Südamerika immer in der Nähe der Westküste fort, und die weiten östlichen Landschaften haben keinen Berg, der

auch nur den Paßhöhen oder den höchsten bewohnten Ortschaften (wie Micuipampa 13000 Fuß) in den Andes gleich käme. Nordamerika hat seine höchsten Berge in den mexikanischen Anden, von 16500 Fuß hoch; eine ähnliche Höhe sollen im äußersten Nordwesten zwei Gipfel, der Eliasberg und der Schönwetterberg, erreichen, und in den Felsengebirgen des fernen Westens der nordamerikanischen Union Berge von 10000 Fuß vorkommen. Die übrigen Landschaften Nordamerika's scheinen eben so wenig als die gleichliegenden Südamerika's Berge zu enthalten, welche 7—8000 Fuß übersteigen.

Europa's fast durchgängig genau erforschte Berge erreichen ihren höchsten Gipfel in den Alpen, wo der Montblanc 14700, der Mont Rosa 14400, das Finsterarhorn 13300 Fuß emporsteigen. In den Pyrenäen, zwischen Frankreich und Spanien haben die höchsten Gipfel 10500 Fuß (Maladetta und Montperdu). Das kleine Nevadagebirg an der Südküste Spaniens steigt im Combre de Mulhacon zu 11800 Fuß empor. Die Apeninen reichen bis 9000, die Karpathen bis 8400 Fuß.

Auch Inseln, selbst kleineren Umfanges, haben oft Berge von beträchtlicher Höhe, so Sicilien, Java, Teneriffa, Owhyhee. Besonders bestehen die Inseln von rundlicher Form sehr oft nur aus einem einzigen hohen und steilen Berge, dessen Fuß der Küstensaum bildet, wozu die westindischen Inseln und der Archipel des stillen Meeres zahlreiche Beispiele darbieten.

§. 67.

Der Winkel, welchen ein Abhang mit der Horizontebene des Ortes macht, heißt der Böschungswinkel. 90° würde also einen völlig senkrechten Hang, ein Winkel

über 90° einen überstürzenden bezeichnen. Solche Abhänge sind nur in Felsengebirgen möglich; allein auch Hänge zwischen 45° und 90° gehören zu solchen, die nur bei Steinmassen vorkommen können. Lockere, erdige Massen können keinen steilern Winkel als 45° bilden selbst diesen werden sie auf die Dauer zu behaupten außer Stande seyn, da Winde und Gewässer beständig dahin wirken, große Böschungswinkel zu verkleinern. Man wird daher in nicht felsigem Boden selten Hänge über 30° antreffen; nur Thonboden, der vom Wasser gesättigt eine größere Cohäsion zeigt, kann größere, selbst über 45° gehende Böschungswinkel bilden, doch stets nur auf eine geringe Erstreckung.

Hänge von 40° und darüber können nur durch Hülfe von Steigeisen, von geübten Kletterern und nicht ohne Gefahr des Herabsturzes, erstiegen werden; 30° erfordern schon sehr große Anstrengung und Vorsicht des Fußgängers; gewöhnliches Fuhrwerk kann kaum noch 20° überwinden und für einen geregelten Verkehr müssen Böschungswinkel von 10° und darüber schon möglichst vermieden werden.

§. 68.

Der bei weitem größte Theil des Wassers, das unsre Erde enthält, bildet die Oceane, deren Flächeninhalt und Verhältniß zum Lande §. 60 angegeben ist. Die Oceane hängen alle unter sich zusammen, und zwar meistens durch so breite Verbindungsglieder, daß es nicht ohne große Willkür möglich ist, die einzelnen Oceane genau abzugrenzen und ihren Inhalt zu bestimmen. Es sind folgende:

1) Der große Ocean, auch das stille Meer genannt. Er ergießt sich über mehr als $1/3$ der ganzen Erdkugel und grenzt mit sämmtlichen übrigen. Er bespült die

östlichen Küsten Asiens und die westlichen Amerika's und enthält eine große Menge von Inselgruppen und einzelnen Inseln.

2) Der indische Ocean, der sich von den Küsten Südasiens und Ostafrika's bis zu einer unbestimmten Grenze im Süden erstreckt. Vom großen Ocean ist er durch den indischen Archipel und den australischen Continent geschieden, allein zahlreiche Wasserstraßen verbinden beide, und weiter gegen Süden findet gar keine Scheidung Statt. Südlich von Afrika geht er gleichfalls ohne irgend eine Scheidung über in

3) den atlantischen Ocean, der sich zwischen Afrika und Europa einerseits, Nord- und Südamerika anderseits und zwar in geringerer Breite als die beiden vorgenannten, von Süden nach Norden hinzieht. Der südliche Theil führt zuweilen den Namen äthiopischer Ocean, während der nördliche insbesondere der atlantische heißt.

4) und 5) die beiden Polarmeere (Eismeere). Das nördliche hat größtentheils Landgrenzen, nämlich die Nordküste Amerika's, Europa's und Asiens. Zwischen Asien und Amerika hängt es durch die Behringsstraße mit dem großen Ocean zusammen; die Verbindung mit dem atlantischen, zwischen Amerika und Europa, ist viel breiter. Es ist sehr seicht, im Winter fast ganz mit Eis bedeckt, das bis an die Küsten Asien's und Amerika's reicht (Europa's Küsten bleiben auch im Winter außerhalb dieser Grenze) und selbst im Sommer sie nur auf kurze Zeit verläßt. Das südliche Eismeer hängt ohne irgend eine Unterbrechung mit den drei großen Oceanen zusammen. Wir wissen noch sehr wenig von der Ausdehnung des Eises in dieser Erdhälfte: Cook hat an verschiedenen Punkten seine Grenzen

bei 62°, 66° und 71° Breite gefunden, während *Weddel* neuerdings bei 74° Breite noch freies offenes Meer sah. *Crozier* konnte bis 79°, obgleich mit Eismassen kämpfend, im Südmeere vordringen, war also nur noch 11° vom Südpol entfernt.

§. 69.

Diese Oceane bilden nun in den Küsten der Continente mehr oder weniger weite Busen, einspringende Theile zwischen vortretende Landspitzen. Die kleinern Busen heißen *Buchten*. Der große Ocean bildet an der Ostküste Asien's fünf Busen von sehr ähnlicher Configuration, indem sie jedesmal durch eine vorliegende Inselkette begrenzt werden. An der Küste Amerika's bildet er nur kleinere und schmale Meerbusen. Der indische Ocean bildet an Asiens Südküste drei sehr große, tief eindringende Busen; Afrika's Küsten sind nach allen Seiten hin viel weniger eingeschnitten. Das atlantische Meer bildet nach W und O hin zwei der größten und vielfach verzweigten Busen, nämlich den *mexikanischen*, der Nord- und Südamerika trennt, und das *mittelländische* Meer, mit welchem es nur durch eine verhältnißmäßig enge Straße zusammenhängt. Zwei andere große Busen von mannigfaltiger Gliederung bildet es im N der beiden vorigen, nämlich die Hudsonsbay im W und die Ostsee im O. Auch das nördliche Eismeer bildet große Busen an den Küsten der Continente, welche es berührt. Die kleinern und kleinsten Busen (Buchten, Fjörden) sind an allen Küsten sehr zahlreich; doch zeichnen sich einzelne Küsten dadurch aus, daß sie bei sehr geringer Breite tief in's Land eindringen. Buchten, in welchen die Schiffe vor Winden und heftigen Meeresbewegungen Schutz finden,

heißen Häfen, und diese werden oft durch künstliche Bauten (Molo's, Hafendämme) verbessert oder auch neu hergestellt.

§. 70.

Die Tiefe der Meere ist sehr verschieden, ebenso wie die Höhe des Landes, allein die Mittel sie zu erforschen sind bei weitem unzureichender als dort. Nur Tiefen bis zu 1500—2000 Fuß lassen sich noch einigermaßen bequem durch das Senkblei bestimmen; größere erfordern einen ungemeinen Kraft- und Zeitaufwand. In einigen Meeren hat man theils bei 10,000 theils bei 12,000 Fuß noch keinen Grund gefunden, und in eine größere ist man noch nicht gedrungen.* (Capitaine Phipps brauchte im Nordmeere, um ein Senkblei bis zu 4700 Fuß hinab und wieder herauf zu bringen, der unausgesetzten 24stündigen Arbeit von 100 Menschen, und nur ein Schiff von vorzüglich starker Bauart konnte den Versuch ohne Gefahr möglich machen). Andere Mittel, die man vorgeschlagen hat, sind theils zu unsicher, theils ebenfalls nur auf geringen Tiefen anwendbar. Die Regel, daß das Meer in der Nähe hoher Steilküsten sehr tief sey, bestätigt sich nur für einzelne Lokalitäten, nicht allgemein. Taucher können nur sehr mäßige Tiefen von 100 Fuß etwa erreichen; die Temperatur des Wassers, die Strömungen und andere, sind ebenfalls nur geeignet, uns genäherte Bestimmungen geringer Tiefen zu geben, und die Frage nach der größten, so wie die nach der durchschnittlichen Tiefe des Meeres ist daher zu den noch unbeantworteten zu rechnen.

* Die größten Tiefen, in welche das Senkblei bisher drang, liegen 57° 0′ S. B. und 65° 6′ W. L. von Ferro, wo man in 12300 Fuß; und 4° 32′ N. B. und 116° 56′ W. L. wo man in 11660 Fuß Tiefe keinen Grund fand. Bei den Messungen wurde die Neigung des sichtbaren Theils der Schnur mit in Rechnung gezogen.

Indeß hat man allgemeine theoretische Gründe, die annehmen lassen, daß Tiefen, welche eine deutsche Meile überschreiten, selten und nur in geringer Ausdehnung gefunden werden. Der große Ocean dürfte auch der tiefste seyn, wie z. B. die Geringfügigkeit der Ebbe und Fluth in ihm anzudeuten scheint.

§. 71.

Abgesehen von den Bewegungen des Meeres, welche durch Winde veranlaßt werden, so wie von der Ebbe und Fluth (von welcher nachher), bemerkt man in den einzelnen Meeren gewisse constante (oder doch nur nach den Jahreszeiten etwas veränderliche) Strömungen. So dringt das Meer von Afrika's vorgestreckten Küsten gewaltsam gegen die zurückgebogenen Amerika's im westindischen und mexikanischen Golf. Die durch den Anprall an die Küsten veranlaßte Rückströmung geht längs den Küsten Florida's nach Norden und Nordosten (Golfstrom) und dringt nach Europa hinüber, wo sie sich an Britanniens und Norwegens Küsten spaltet und verliert. Vom Südpole herauf dringt ein Strom in die drei großen Oceane, der besonders an den Westküsten Süd-Amerika's sehr stark ist und die Temperatur der dortigen Gewässer bedeutend erniedrigt. Auch ein vom Nordpol herabdringender Strom findet statt, nur ist er mehrfach gehemmt und gespalten und der Golfstrom kommt ihm entgegen, weßhalb er weniger bemerkt wird.

Aus dem atlantischen Meere findet ferner eine beständige Einströmung in das mittelländische statt, so daß in der Straße von Gibraltar das Wasser nach Osten strömt. In ähnlicher Weise strömt auch aus dem schwarzen Meere das Wasser durch den Bosporus in das mittelländische.

Die Ursachen der Strömungen können zwar sehr verschiedener Art seyn; im Allgemeinen aber kann man annehmen, daß in den wärmern Gegenden der Erde die Verdünstung stärker als der Niederschlag, in den kältern dagegen umgekehrt der Niederschlag stärker als die Verdünstung sey, und deßhalb ein Strömen von den Polen nach dem Aequator zu nothwendig erfolgen müsse. Wäre nun die ganze Oberfläche der Erde von Wasser bedeckt, und fände keine Achsendrehung derselben statt, so würde wahrscheinlich diese Strömung die einzige allgemeine seyn. Da aber die entgegenstehenden Küsten sowohl als die Rotation den Lauf vielfach verändern, so entstehen hieraus partielle Strömungen, die in einzelnen Fällen sogar der Hauptströmung ganz entgegengesetzt seyn können.

§. 72.

Um zu übersehen, auf welche Weise die Rotation der Erde die Strömungsrichtung verändern kann, denke man sich ein Wassertheilchen unter der nördlichen Breite β, für welches die Rotationsgeschwindigkeit $= m \cos. \beta$ ist, in einer nach Süden gerichteten Bewegung. Es wird nach einer gewissen Zeit die Breite β' erreichen, welche kleiner als β ist, und hier wird es die größere Rotationsgeschwindigkeit $m \cos. \beta'$ antreffen. Da es aber ursprünglich nur an der Bewegung $m \cos. \beta$ Theil nahm, so wird es jetzt relativ mit einer Geschwindigkeit $= m (\cos. \beta' - \cos. \beta)$ der Rotationsrichtung entgegen, also von O nach W zu laufen, und diese Geschwindigkeit mit seiner ursprünglichen von N nach S zusammengesetzt, werden seine Bewegung in eine mehr südwestliche verwandeln. Es ist nun zwar nicht anzunehmen, daß hier der ganze Unterschied von $\cos. \beta'$ und $\cos. \beta$ in Rechnung zu bringen sey, da das

Wassertheilchen in Berührung mit andern kommt, welche ursprünglich die größere Geschwindigkeit hatten; ein Theil dieses Unterschiedes bleibt jedoch in jedem Falle wirksam und verändert die vom Nordpol herkommende Strömung in eine südwestliche, die vom Südpol herkommende in eine nordwestliche. Aus ähnlichen Gründen würde eine vom Aequator gegen die Pole gerichtete Strömung in eine nordöstliche und südöstliche (d. h. diesen Richtungen sich annähernde) verwandelt werden. *

§. 73.

Die Temperatur des Meeres ist viel gleichförmiger als die des Landes: die Wechsel der Tages- und Jahreszeiten sind für das Meer nur $^1/_2$ bis $^1/_3$ derjenigen, die für Continente statt finden, und Aehnliches gilt auch in Beziehung auf den Unterschied der Klimata. Eingeschlossene Meere, so wie überhaupt das Meer in der Nähe der Küsten, zeigen schon eine größere Differenz, da hier der Einfluß von Land und Meer sich vermischen. Am Aequator hat das Meerwasser Jahr aus Jahr ein eine Temperatur von 21°—22° R., und kaum wird ein Unterschied in den Nächten wahrgenommen. In den gemäßigten Klimaten ist die mittlere Temperatur des Meeres der des Landes nahe gleich, allein im Winter ist es viel wärmer als das Land, so wie im Sommer viel kühler. In den kalten Zonen ist das Meer dagegen fast beständig wärmer, als das feste Land, und es bleibt (bis auf die äußersten Polarzonen) flüssig, während auf dem Lande starrender Frost herrscht.

* Man bezeichnet Strömungen nach der Weltgegend wohin sie gehen, während Winde ihren Namen von derjenigen Gegend führen von der sie kommen. Es ist leicht einzusehen daß dieselbe Ursache, welche die Strömungen von ihrer ursprünglichen Richtung ablenkt, auch auf die Winde wirken muß.

Die größte Dichtigkeit erreicht das Wasser bei + 4° Wärme, dergestalt, daß kälteres sowohl als wärmeres Wasser weniger dicht ist. Deßhalb wird überall, wo Wasser von + 4° vorhanden ist, dieses die unterste Stelle einnehmen. Die Strömungen, die in der Tiefe eben so wohl als an der Oberfläche statt finden, werden nun dahin wirken, überall Wasser von + 4° zu verbreiten, und so ist es erklärlich, daß Versuche mit Six-Thermometern (solchen, welche einen in einem gewissen Moment stattfindenden Grad dauernd markiren) sowohl unter dem Aequator als auch in hohen Breiten das Wasser in großen Tiefen + 4° gefunden haben. Es folgt hieraus ferner, daß ein Gefrieren des Meeresgrundes nicht stattfinden könne, so lange ein Zuströmen des Wassers aus geringeren Breiten ungehemmt vor sich geht, da alsdann stets ein Wasser von + 4° R. oder doch einem nahe liegenden Grade den Grund einnehmen wird. Nur solche Gewässer, die ohne Verbindung mit den Oceanen sind, können, wenn die Kälte hoch genug steigt, zuletzt auch auf dem Grunde gefrieren.

Das Eis der Polarmeere löst sich im Sommer, theils in Folge der Wärme, theils durch heftige Stürme und Strömungen, von der Hauptmasse zum Theil ab, geräth in Bewegung und treibt in Folge der Strömungen gegen den Aequator hin. Dieses Treibeis umlagert dann auch die Küsten der nördlichen Länder, die während des Winters kein festes zusammenhängendes Eis haben, und weicht oft erst im Spätsommer. Andere Schollen treiben im offenen Meere fort und überschreiten sogar oft den halben Weg zwischen Pol und Aequator, ja man will in einigen Jahren, wo sehr große Eisbrüche stattfanden, diese Schollen in der Nähe der Wendekreise wahrgenommen haben. Auch das

stehenbleibende Eis ist alsdann vielfältig vom offnen Wasser durchfurcht (die Polinjen der Russen), so daß man weder mit Schlitten noch mit Schiffen diese Gegenden befahren kann. Auch hat noch Niemand den Pol erreicht: 82° 40′ nördl. Br., bis wohin Parry vordrang, scheint die äußerste von Menschen erreichte Breite auf der Erde zu seyn.

§. 74.

Das Wasser der Oceane enthält Salz, Ammoniak u. s. w. in so großer Menge, daß es dadurch untrinkbar wird. Sein Genuß vermehrt den Durst und erzeugt zugleich heftige Diarrhöen, auch ist der Geschmack höchst widerwärtig. Indeß ist die Quantität des Salzes und der ähnlichen Bestandtheile sehr verschieden in den verschiedenen Meeren, und selbst die salzigsten sind weit entfernt gesättigt zu seyn. Nach der Tiefe nimmt der Salzgehalt zwar etwas zu, doch nach Aussage der darüber angestellten Versuche nur um $1/_8$ bis $1/_9$. Eine regelmäßige Ab- oder Zunahme des Salzgehaltes nach Klimaten findet sich nicht; nur sind eingeschlossene Meere, wie die Ostsee, etwas weniger salzig als andere. Die von einigen aufgestellte Regel, daß es nach dem Aequator zu salziger werde, leidet bedeutende Ausnahmen, auch ist der Salzgehalt nicht zu allen Zeiten derselbe.

Die Frage, woher das Meerwasser salzig sey, ist häufig auf die verschiedenste Weise beantwortet worden; man könnte indeß mit eben dem Rechte fragen, woher das Flußwasser süß sey? Es ist, wie Lichtenberg bemerkt, am wahrscheinlichsten, daß der Zustand des Meerwassers der normale und ursprüngliche des Wassers überhaupt sey, und daß nur die Verdünstung, bei welcher das Salz zurückbleibt,

die Filtration an den Quellen und andere Umstände dem Flußwasser seinen trinkbaren Zustand verleihe.

Das Seewasser kann zwar durch Kunst von seinem Salzgehalt befreit und solchergestalt trinkbar gemacht werden; indeß ist damit nur dann für den Seefahrer etwas gewonnen, wenn der Apparat und das Material, welches zur Trinkbarmachung eines Quantums Seewasser erforderlich ist, nicht eben so viel oder gar noch mehr Raum in Anspruch nimmt als die gleiche Quantität süßes Wasser, die mitgenommen wird. Der beste Vorschlag hiezu dürfte der von Irwig seyn, welcher dieselbe Feuerung, die zum Kochen der Speisen angewandt wird, zum Destilliren des Seewassers benutzt, wobei man nur eine einfache Vorlage, keineswegs aber mehr Brennmaterial gebraucht. Man kann zwar nur etwa $1/3$ des regelmäßigen Wasserbedarfs dadurch erhalten; doch ist jedenfalls dem äußersten Mangel vorgebeugt.

Uebrigens behält das so bereitete Trinkwasser doch stets etwas von jenem bittern Ammoniakgeschmacke bei, und ist nie so gut als natürliches.

Wenn Meereis schmilzt, so erzeugt sich ebenfalls süßes Wasser, doch muß man es vor dem Trinken stark umrühren. da es sonst wegen Mangel an Luft ungesund ist. In Gegenden, wo der Salzgehalt des Meeres stark und die Hitze der Sonne beträchtlich ist, wie an den brasilischen Küsten, wird das Seesalz in Gruben durch Verdampfung ausgeschieden und dient sodann zum ökonomischen Gebrauche.

§. 75.

Die Farbe des Seewassers ist blaugrün, wenn der Himmel heiter ist, was darin seinen Grund zu haben scheint,

daß Wasser die rothen Strahlen besser durchläßt, die blauen und grünen dagegen zurückwirft. Halley bestätigt dieß durch einen Versuch in der Taucherglocke. Er erblickte die obere Fläche seiner Hand rosenroth, die untere blaugrün. Jene ward von den eindringenden, diese von den zurückgeworfenen Strahlen getroffen. Doch können lokale Ursachen auch ganz andere Farben bewirken. Die Farbe von Insekten oder Seepflanzen, die sehr häufig vorkommen, kann sich, optisch wenigstens, dem Meere mittheilen; die Farbe des Grundes scheint durch seichte oder auch sehr klare Gewässer hindurch; Flüsse, welche Schlamm und andere Massen mit sich führen, färben den Theil des Meeres, in den sie sich ergießen (das gelbe Meer bei China verdankt seine Farbe dem Schlamme des Hoang-ho), und so kann die Farbe der Meere sehr verschieden seyn.

Ein eigenthümliches Phänomen ist das Leuchten des Meeres, welches sich auf verschiedene Weise äußert und auch verschiedene Ursachen zu haben scheint. Zuweilen erblickt man das ruhige Meer wie mit rothen Sternchen übersäet. Ein anderes Mal leuchten rothe Wellen, und das Schiff läßt auf seinem Wege einen feurigen Streif hinter sich. Namentlich hat man das des Abends und bei einbrechender Dunkelheit bemerkt. Es wird stärker, wenn ein Gewitter oder Sturm im Anzuge oder bereits ausgebrochen ist. Faulende phosphorescirende Substanzen können die rothe Farbe bewirken und die elektrische Spannung sie verstärken und glühender machen. In andern Fällen rührt es von Seethieren (Medusen, Polypen u. a. her, deren Fühlhörner an den Spitzen stark leuchten; auch der Fischlaich leuchtet wohl, und wenn zehntausend Millionen Heringe (eine gar nicht übertriebene Zahl) ablaichen, so kann

dadurch weit und breit das Meer in ein Leuchten versezt werden.

§. 76.

Die Ebbe und Fluth des Meeres (marée, æstus, tide) ist eine merkwürdige Erscheinung, die schon von den ältesten Zeiten an Erklärungsversuche verschiedener Art veranlaßt hat. Es besteht in einem periodischen * Steigen und Fallen des Meeres, welches sich sowohl der Zeit, als auch näherungsweise der Quantität nach voraus berechnen läßt. Argumente dieser Rechnung sind der Stand des Mondes und der Sonne, indeß sind die konstanten Größen, die bei der Berechnung vorkommen, für jede Gegend des Meeres verschieden. Das Steigen dauert gewöhnlich $3\frac{1}{2}$, das Fallen gegen 9 Stunden, beides zusammen durchschnittlich 12 Stunden $24\frac{3}{4}$ Minuten, genau die Hälfte derjenigen Zeit, welche der Mond von einem Meridiandurchgange zum andern gebraucht. Nach Maßgabe der Ab- oder Zunahme des Mondes beschleunigt und verzögert sich die Fluth etwas. Sie ist stärker im Vollmonde und Neumonde (oder auch 1 — $1\frac{1}{2}$ Tage nachher) als in den Quadraturen; stärker bei der Erdnähe als bei der Erdferne; stärker, wenn der Mond in seinen Knoten steht; am stärksten endlich, wenn er zugleich in seinem Knoten und im Aequator steht, was nur um die Zeit der Nachtgleichen möglich ist. Längst hatte man deßhalb vermuthet, daß der Mond die veranlassende Ursache

* Nicht jedes Steigen und Fallen des Meeres ist Ebbe und Fluth. Wenn heftige Winde das Wasser in einen Meerbusen treiben, oder auch, vom Lande herwehend, den Stand des Wassers erniedrigen, so entsteht zwar auch ein Steigen und Fallen, von diesem ist aber hier nicht die Rede.

sey; Newton zeigte die Nothwendigkeit einer solchen Wirkung aus der Attraktionstheorie, und jetzt ist durch die genauesten und auf viele Tausende von Fluthbeobachtungen gegründeten Untersuchungen der Gegenstand unwidersprechlich bewiesen. Mond und Sonne bewirken durch ihre Anziehung die Erscheinung, ersterer wirkt seiner Nähe wegen stärker, als die Sonne. Man denke sich der Einfachheit wegen eine Wasserkugel, und über ihr den Mond. Dieser wird den ihm nächsten Punkt c′ der Kugel stärker anziehen, als den Mittelpunkt c und diesen abermals stärker, als den entferntesten Punkt c″. Dadurch bewirkt er (da Wasser seine Form verändern und also dieser Verschiedenheit der Anziehung nachgeben kann), daß die drei erwähnten Punkte in eine größere Entfernung von einander zu stehen kommen, als die, einem andern Durchmesser d angehörenden. Das Wasser an der Oberfläche wird also einen Zug nach den beiden Punkten c′ und c″ empfinden und in diesen sich anhäufen, folglich steigen. Da aber in Folge der Erdrotation und der eignen Bewegung des Mondes stets andere Punkte der Wasserkugel an die Stelle der c′ und c″ treten, so muß die Fluth wandern und nach und nach andere Gegenden der Erdkugel treffen. Nicht als ob eine Wassermasse vom Betrage der Fluthwelle in 24 Stunden 49½ Min. um die Erde laufe, sondern das gesammte Fluidum macht eine Bewegung, die der Geschwindigkeit nach unendlich geringer ist. (Wenn man eine Reihe von 10000 Kugeln um den Durchmesser einer Kugel fortschiebt, so wird offenbar dasselbe Resultat erhalten, als wenn man die letzte Kugel allein mit einer 10000 mal schnelleren Bewegung an das entgegengesetzte Ende gebracht hätte). Die hierdurch veranlaßte Bewegung der ganzen Masse des Wassers

ist vielmehr eine sehr langsame, und nur unter besondern lokalen Umständen kann sie rascher werden.*)

§. 77.

Die Ebbe und Fluth gehört ihrer Ursache nach zu der Klasse derjenigen Erscheinungen, die wir in der Astronomie als Störungen bezeichnen, und sie kommt der Evektion des Mondes am nächsten. In dieser sind Neumond und Vollmond im Verhältniß zur Erde eben das, was bei unserm Phänomen die Punkte c′ und c″ gegen c sind; und der störende Körper ist dort die Sonne, während hier der Mond (und zum geringeren Theile auch die Sonne) Ebbe und Fluth veranlaßt. Störende Wirkungen (Anziehungsdifferenzen) verhalten sich aber, wie in der Astronomie gezeigt wird, allgemein genommen wie die störenden Massen direkt und wie der Cubus ihres Abstandes umgekehrt. Nun ist, wenn man Erdmasse = 1 setzt, die Sonnenmasse = 354936 und die Mondmasse $\frac{1}{81{,}636}$; ferner ist die Sonne 400 mal weiter von der Erde entfernt als der Mond (beide in mittlerer Entfernung angenommen). Es

*) Die Einwendungen gegen die Wirkung des Mondes auf Fluth und Ebbe beruhen auf einer ganz falschen Ansicht entweder des Phänomens selbst, oder der Art wie die Anziehung wirkt. Es war eine Zeit lang ordentlich Mode geworden, die Einwirkung des Mondes auf Ebbe und Fluth und nebenher die ganze Newton'sche Theorie vornehm zu bespötteln; während Niemand eine auch nur halbwegs vernünftige Erklärung des Umstandes, daß sich Ebbe und Fluth nach den Mondsphasen richten und durch den bekannten Mondslauf vorausbestimmen lassen, gegeben hat. Man gab uns nur schönklingende Worte von einem Erdeleben, einem Pulsiren ihrer Adern u. dgl. womit sich weder theoretisch noch praktisch etwas anfangen ließ. Diese ephemeren Versuche, wissenschaftlich zu behandelnde Gegenstände, aus dem Gebiete der Mathematik in das der Romantik hinüberzuziehen, sind stets nach sehr kurzer Zeit der wohlverdienten Vergessenheit übergeben worden.

wird sich demnach die hier in Betracht zu ziehende Wirkung für Sonne und Mond verhalten

$$S : M \; \frac{354936}{400^3} : \frac{1}{81,636} = 1 : 2,20875.$$

Mithin ist die Wirkung der Sonne nicht völlig halb so stark als die des Mondes. Es werden nun Sonne und Mond nach gleicher Richtung wirken, wenn die drei Körper in derselben Linie stehen, was im Neu- und Vollmonde wenigstens annähernd der Fall ist. Alsdann vereinigen sich beide Wirkungen gleichzeitig: die Sonnenfluth S und die Mondfluth M fügen sich zu einander und wir haben eine Fluth S + M = 3,20875 x. Wenn dagegen die Sonne und der Mond rechtwinkelicht zur Erde stehen, was in den Quadraturen der Fall ist, so tritt von Seiten der Sonne Ebbe ein, wenn von Seiten des Mondes Fluth erfolgt, und umgekehrt. Die beiden Wirkungen setzen sich also negativ zusammen und die Fluth ist M — S = 1,20875 x. Es verhalten sich also die Fluthhöhen im Voll- und Neumond (den Syzigien) zu denen in den Quadraturen wie 3,20875 : 1,20875 = 2,7165: 1. Man sieht indeß leicht, daß da die Voraussetzung einer graden Linie für die drei Körper Erde, Mond, Sonne nur dann der Strenge nach gilt, wenn der Neu- und Vollmond in seinem Knoten steht, (wobei Finsternisse erfolgen) die herausgebrachte Differenz zwischen den Fluthen der Syzigien zu denen der Quadraturen durchschnittlich etwas zu groß seyn werde, und damit stimmt auch die oben angegebene Erfahrung, daß die Fluth stärker zur Zeit der Mondknoten sey.

Die größere Nähe des Mondes muß ebenfalls die Fluth vermehren: ist der Mond das einemal 55000, das anderemal 48000 Meilen entfernt, so müssen sich die vom

Monds abhängenden Fluthen wie $48^3 : 55^3 = 1 : 1{,}505$ verhalten, womit gleichfalls die Erfahrung übereinstimmt.

Endlich kommt viel darauf an, ob Mond und Sonne im Aequator, oder in einem andern Deklinationskreise stehen. Ist ersteres der Fall, so liegen die beiden Punkte c' und c'' beide im Aequator d. h. in gleichem Rotationskreise und der höchste Fluthpunkt ist dieß nach 12 Stunden $24\frac{3}{4}$ Minuten abermals. Wenn dagegen der anziehende Körper eine Deklination δ hat, so liegt der Punkt c' auf der Erdfläche in einer dieser Deklination entsprechenden Breite, c'' dagegen auf der entgegengesetzten Halbkugel in ähnlicher Breite. Wenn daher jetzt die beiden Punkte c' und c'' die Längen und Breiten (λ), (β); und $(\lambda + 180^0)$, $(-\beta)$ haben; so werden nach Ablauf einer Fluthperiode zwei andere Punkte (λ), $(-\beta -)$ und $(\lambda + 180^0)$, (β) an die Reihe kommen, die höchsten Fluthen zu zeigen. Dadurch wird die Bewegung des Wassers mehr verwickelt; es werden verschiedene Fluthwellen einander kreuzen und dieß wird dieselbe Folge haben, wie wir bei Kreuzung zweier Wellensysteme stets wahrnehmen; die Intensität wird geschwächt und die Wirkung mehr vertheilt.

Hierdurch ist Alles vollständig erklärt, was sich einer aufmerksamen Beobachtung über dieses Phänomen und seine allgemeine Erscheinung darbietet, und die großartige Arbeit Laplace's, gegründet auf mehr als 6000 Fluthbeobachtungen zu Brest und l'Orient hat uns die Theorie dieses Phänomens und seinen Zusammenhang mit dem Stande des Mondes und der Sonne so erschöpfend dargestellt, daß wir im Stande seyn würden, Ebbe und Fluth auf Sekunden und auf einzelne Theile des Zolles vorauszuberechnen, wenn nicht Winde und andere der Rechnung

sich entziehende Phänomene ihren Einfluß ebenfalls geltend machten. Gleichwohl stimmen die Vorausberechnungen mit den wirklichen Beobachtungen besser, als man nach diesen störenden Umständen erwarten sollte.

Die höchsten Fluthen, die, wie oben erwähnt, von dem Zusammentreffen gewisser Mondspunkte abhängen, nennt man Springfluthen: es ist klar, daß sich mit ihnen auch die tiefsten Ebben verbinden, denn die Gesammtmasse des Meerwassers ist eine konstante.

§. 78.

In allen bisherigen Betrachtungen haben wir eine Wasserkugel angenommen und folglich auch eine Hemmung der Bewegung durch vorliegende Landmassen nicht berücksichtigt. Das kann nun zwar auf das Verhältniß der Fluthhöhen für verschiedene Mondpunkte und dergleichen keinen Einfluß ausüben, da jene Hemmungen selbst stets dieselben bleiben. Aber die Gestaltung des Phänomens für die verschiedenen Erdgegenden wird dadurch allerdings bedeutend modifizirt. Wir haben hierüber von Whewell eine ausführliche Arbeit erhalten, deren Resultate in der Kürze folgende sind:

Die ursprüngliche Fluthwelle kann sich eigentlich nur im großen Ocean erzeugen. Hier, wo auf einem fast eine volle Erdhalbkugel begreifenden Segment nur kleine Inseln liegen, vermag das Wasser am ungestörtesten dem Impulse zu folgen, den es durch Mond und Sonne erhält. Indem die Erde von W nach O rotirt, rückt diese Fluthwelle westlich fort, trifft aber hier schon an Asiens und Neuhollands, noch mehr aber an Afrika's Küsten auf Hindernisse; sie muß theils durch enge Kanäle laufen, theils um die großen nach Süden sich vorstreckenden Landspitzen

herumbiegen. Dabei erfolgt, was bei Verengung des Bettes eines strömenden Gewässers stets erfolgen wird — die Fluth steht beträchtlich höher, als am Ursprungsorte. Während sie an den Inseln des großen Oceans kaum bemerkt wird und vom Seefahrer nicht berücksichtigt zu werden braucht, erreicht sie in den westlichen Kanälen mehrere Fuß.

Um Afrika's Südspitze liegt sie herum; Amerika's Cap Horn aber liegt zu weit vom Aequator, als daß hier noch ein merklicher Theil der Fluthwelle herumzudringen vermöchte; die Hauptmasse geht im äthiopischen und atlantischen Ocean nach Norden und bewirkt die Fluthen, die wir an Europens und Amerika's Küsten wahrnehmen. Obgleich von ihrem Ursprungsorte hier am weitesten entfernt und stark verspätet, erreicht sie doch an vielen Punkten weit größere Höhen als in den Gegenden, die ihrem Ursprung näher liegen, in Brest z. B. sind die Syzigialfluthen durchschnittlich 19, Quadraturfluthen 8 Fuß; in der Fundybay in Nordamerika erreichen die Springfluthen sogar 50 — 60 Fuß über die ihnen entsprechenden Ebben. Das Wasser drängt hier von einer weiten, gegen S geöffneten Mündung her in einen engen Hintergrund der Bucht.

Auch in große Flüsse dringt die Fluthwelle ein. Die Nordseefluthen sind bei Hamburg noch sehr merklich und werden bis Lauenburg verspürt. In der Themse, den Severn u. a. brittische Flüsse dringen hohe Fluthen hinauf; im Maranhon zeigen sie sich als mächtige Wellen, die die ganze ungeheuere Breite des unübersehbaren Stromes einnehmen, bis zu 150 Meilen aufwärts von der Mündung.

Da die Fluth Zeit gebraucht, durch die Windungen der Meeresarme hindurchzukommen, so tritt überall die

Fluth später ein als der Meridiandurchgang des Mondes, und da, wo sie etwa gleichzeitig mit diesem eintritt, muß angenommen werden, daß die Verspätung eine oder mehrere volle Perioden begreife. Aber diese Verspätung ist für den gleichen Ort stets dieselbe und nur nach den Phasen des Mondes etwas veränderlich, folglich genau zu berechnen. Die Zeit, welche von einer Culmination des Mondes bis zum Eintritte der Fluth an einem gegebenen Orte verfließt, nennt man die Hafenzeit dieses Ortes (établissement du port) und ihre genaue Kenntniß ist für den Schiffer von höchster Wichtigkeit; weßhalb in allen Handbüchern zum Gebrauch der Seefahrer die Fluthen vorausberechnet, und die Hafenzeiten angegeben sind.

§. 79.

In Meeren, die in höheren Breiten liegen, in eingeschlossenen, oder nur durch schmale Straßen mit dem freien Ocean verbundenen Meeren zeigt sich entweder gar keine oder doch nur eine schwache Fluth. So hat z. B. die Ostsee gar keine, obgleich sie in der Nordsee ziemlich stark ist; Spuren der Fluth will man an einigen dänischen Inseln noch bemerkt haben; an den baltischen Küsten Schwedens, Preußens und Rußlands dagegen ist bestimmt keine mehr wahrzunehmen. Das kaspische Meer so wenig als irgend ein Landsee zeigen Fluthen, die Eismeere sind gleichfalls frei davon.

An einzelnen Punkten, z. B. in der Straße von Malakka, will man die Bemerkung gemacht haben, daß die Fluthen sich nicht nach dem Monde richten. Dieß will weiter nichts sagen, als daß hier die vom Monde erzeugten Fluthwellen nicht einzudringen vermögen und folglich nur

die andern, von Winden und dergl. herrührenden Bewegungen, die anderwärts bei den Fluthen mitwirken und ihre Regelmäßigkeit vermindern, allein wirksam sind.

§. 80.

Wasserflächen, die ganz vom Lande eingeschlossen oder auch nur durch einen Fluß mit dem Meere verbunden sind, heißen Seen. Ihrem Vorkommen nach kann man sie eintheilen

1) in solche, die weder Zu= noch Abfluß haben, stagnirende Steppenseen.

2) solche, die einen Zufluß, aber keinen Abfluß haben.

3) solche, denen beides zukommt.

Die ersteren müßten mit der Zeit verdünsten, und sehr viele Stellen der Erdoberfläche zeigen auch mehr oder minder deutlich, daß sie einstmals Seebecken waren. Doch mögen sie sich auch erhalten, in Gegenden, wo heftige Regengüsse den größten Theil des Jahres hindurch fallen, oder wo unterirdische Quellen das, was durch Verdünstung verloren geht, stets wieder ersetzen. In jedem Falle ist ihr Umfang und ihre Höhe veränderlich, was auch, nur im Allgemeinen in geringerem Grade, von den beiden andern Klassen gilt.

Die zweite Klasse kommt sehr häufig vor und wir haben die größten uns bekannten Seen der Erde, den kaspischen, den Aral= und Tschad=See, viele Seen des asiatischen Hochlandes und des nördlichsten Amerika's hierher zu rechnen. Man hat bei ihnen eine unterirdische Verbindung mit dem Meere vermuthet; aber gerade beim größten derselben, dem kaspischen, ist eine solche Verbindung unmöglich, da er sonst nicht 93 Fuß tiefer als das Meer liegen könnte. Es ist aber auch weder bei diesem, noch irgend einem andern nöthig, ein solches Auskunftmittel

für die Unterbringung des Wasserüberflusses anzunehmen, da die Verdünstung hinreicht, den Zufluß zu absorbiren. Ist sie zu schwach, so steigt der See bis sein Umfang groß genug ist, um durch die vermehrte Verdünstung dem Zuflusse das Gleichgewicht zu halten; ist sie zu stark, so erfolgt das Gegentheil, bis der verminderte Umfang auch die Verdünstung auf den erforderlichen Gleichgewichtszustand herabgebracht hat. Bei der nach den Jahreszeiten veränderlichen Verdünstung und der gleichfalls, aber mit andern Zeitpunkten des Maximums veränderlichen Menge des Zuflusses müssen daher auch diese Seen in Zu- und Abnahme begriffen seyn.

Die meisten Seen ohne Abfluß sind salzig, wie das Meerwasser, ja einige noch viel salziger als dieß, wie der asphaltische See (todtes Meer) in Palästina. Die Ursache dürfte darin liegen, daß diese Seen Reste des ehemaligen Meeres sind und ihre Salzigkeit, gleich diesem, ursprünglich haben und behalten. Zwar wird durch die Flüsse süßes Wasser fortwährend zugeführt, aber die damit im Gleichgewicht stehende oder sich stellende Verdünstung absorbirt auch nur süßes Wasser, und läßt die salzigen und ammoniakalischen Theile zurück.

Uebrigens soll durch das Vorstehende keineswegs behauptet werden, es gäbe gar keine Seen mit unterirdischen Abflüssen, vielmehr deuten bestimmte Beobachtungen auf solche eben so gut wie auf unterirdische Zuflüsse hin. Nur als eine nothwendige Form können wir sie nicht anerkennen.

Die dritte Art endlich, mit Zu- und Abflüssen, sind häufig nur als beträchtliche Erweiterungen eines Flußbettes anzusehen, wie z. B. die vielen Seen, welche die Havel durchströmt. Doch kann man aus den horizontalen

Dimensionen, unter denen der See sich auf der Karte darstellt, eine solche Ansicht für einzelne gegebene Fälle noch nicht begründen. So ist der Bodensee nicht allein 60—100 Mal tiefer als der Rhein, wo er sich in ihn ein- und ausmündet, sondern man kann auch den Strom des Rheinwassers fast durch den ganzen See deutlich verfolgen, da es sich durch Farbe, Wellenschlag, Temperatur und dergleichen von dem des Sees unterscheidet. Indeß mögen sie doch diesen Stromläufen, wo nicht ihre erste Entstehung, doch ihren gegenwärtigen Umfang und Größe verdanken. Sie sind als Regulatoren des Wasserstandes der Flüsse in der Naturökonomie von großer Wichtigkeit. Die Ströme, welche von den Alpengletschern herabkommen, würden alljährlich ihre Ufer weit und breit überschwemmen, wenn nicht die Seen ungeheure Massen Wasser aufnehmen könnten ohne beträchtlich zu steigen; und es ist klar, daß das Steigen des unterhalb befindlichen Stromtheiles ganz vom Steigen des Sees abhängen muß. Mit dem Fallen verhält es sich ganz eben so.

Es sey z. B. der Strom 100 Fuß, der See 10000 Fuß breit; so wird durch eine Wassermenge, die den Strom um 100 Zoll erhebt, der See nur um 1 Zoll steigen, folglich auch den tiefer liegenden Stromgegenden zunächst nur einen Zoll Steigung mittheilen können. Durch den anhaltend hohen Stand des Sees wird nun zwar das tiefer liegende Gewässer mit der Zeit mehr steigen, allein die Wirkung ist jedenfalls auf große Zeiträume vertheilt und dadurch in ihrer Intensität geschwächt.

§. 81.

Die zahlreichsten und schönsten Seen dieser letztern Klasse bilden sich am Fuße der Gebirge da, wo die Längen-

thäler anfangen ihren Lauf zu wenden und in die Ebene hinauszutreten. So die Seen am Süd- und Nordfuße der Alpen, gebildet vom Rhein, der Rhone, der Reuß, Thun, Limmat, Tessin und andern Flüssen. Ihre Umrisse folgen fast immer den Thalwindungen, und von ihnen abwärts beginnt die Schiffbarkeit im Großen, wenn nicht, wie beim Rheine, ein Wasserfall unterhalb des Sees liegt.

Aber auch ebene und Tiefländer haben viele und große Seen dieser Art, ja die größten derselben kommen in ihnen vor. So sind der Ladoga, Onega und Peipus weiten Ebenen angehörig.* Manche Seen hat man künstlich durch unter- oder überirdische Kanäle abgeleitet oder doch verkleinert, um trockenes Land zu gewinnen.

§. 82.

Das bereits erwähnte todte Meer (asphaltischer See) ist ein in vielfacher Beziehung merkwürdiges Gewässer. Es hat einen Hauptzufluß, den Jordan, von Norden her, und einige kleinere Bäche von den andern Seiten. Sein Wasser enthält in 1000 Theilen, nach Klaproths Untersuchung, 244 Theile salzsaure Magnesia, 106 salzsaure Kalkerde und 78 salzsaures Natron. In Folge dieses großen Salzgehaltes ist es beträchtlich schwerer als andres Wasser, und die Wellen sind träger und niedriger. Seine Oberfläche beträgt 24 Quadratmeilen, und um das vom Jordan ihm zugeführte Wasser zu verdünsten, müßte täglich 1 $^{2}/_{5}$ Zoll ausdünsten, was in diesen heißen Gegenden gar nicht unmöglich ist.

* Auch das schwarze Meer mit seinen Nebengewässern könnte man füglich für einen Landsee ansehen, da der Bosporus nichts weiter als ein Fluß ist, der es mit dem Meere von Marmora und weiterhin mit dem Aegeischen verbindet, ebenso wie die Newa den Ladogasee mit dem kronstädter Meerbusen. Er ist sogar beträchtlich schmäler als der Lorenzo in Nordamerika, den man als den Abfluß der kanadischen Seen betrachtet.

Nach den neuern Barometerbeobachtungen liegt er wenigstens 1000 Fuß tiefer als das Meer, und ist demnach wahrscheinlich der tiefste Punkt der Erdoberfläche. Kein Fisch lebt in ihm; nur Salz und Asphalt, welches in großen Stücken auf ihm herumschwimmt, sind seine Erzeugnisse. Die am Ufer befindlichen wenigen Pflanzen sind, wie der Boden, vom Salze durchdrungen, selbst den Kleidern der Reisenden theilt sich das Salz mit, und die Küsten sind so gut als ganz unbewohnt. Mächtige vulkanische Revolutionen mögen in der Vorzeit diesen Boden erschüttert haben; noch jetzt sollen sich häufig Rauchsäulen, nach Schwefel riechend, in dieser Gegend zeigen. Höchst wahrscheinlich indeß war der Ausbruch, durch welchen Sodom und Gomorrha unterging, an deren Stelle jetzt der See steht, der letzte. Uebrigens muß ein See hier immer bestanden haben, da das Wasser des Jordans, der in seinem untern Laufe tiefer als das Meer liegt, ein solches Becken bedurfte. Nur scheint er kleiner an Umfang gewesen zu seyn.

§. 83.

Wenn das Wasser weder im Stande ist, den Boden vollständig zu bedecken, noch die Ausdünstung stark genug, um letztere trocken zu legen, so entstehen Sümpfe, die entweder periodisch oder permanent sind. Sie finden sich größtentheils in der Umgebung von Seen und Flüssen, so wie an den Meeresküsten, oft aber auch ohne Verbindung mit diesen. Zuweilen verlieren Flüsse sich in einen solchen Sumpf. Da sie der Gesundheit eben so nachtheilig, als der Bebauung und Communikation hinderlich sind, so sucht man sie auszutrocknen, welches durch Ableitungskanäle, nöthigenfalls verbunden mit einer künstlichen Erhöhung der

Gegend, geschehen kann. Sind sie zu groß oder zu ungünstig gelegen, so sucht man sie wenigstens zu vermindern oder ihrem weitern Vordringen zu wehren. Viele Gegenden der cultivirten Erde würden, wenn nicht fortwährend entgegen gearbeitet und die bestehenden Anstalten erhalten würden, im Laufe der Zeit versumpfen; andere in der Vorzeit kultivirte hat dieses Schicksal schon betroffen. Auch auf Bergflächen, in ziemlicher Höhe über dem Meere, kommen Sümpfe vor, doch scheinen die meisten den Tiefländern anzugehören.

§. 84.

Die Flüsse sind Wassermassen, welche sich nach einer bestimmten Richtung hin fortbewegen, und deren Breite gegen ihre Länge nur unbedeutend ist. Sie entstehen, wenn sie nicht bloße Abflüsse von Seen sind, aus Quellen, und in den meisten Fällen vereinigen sich viele Quellen in einem gemeinschaftlichen Rinnsaal, und diese vereinigen sich immer wieder mit andern, so daß oft eine Mündung die Gewässer von vielen tausend einzelnen Flüssen in's Meer führt. Die Quellen kommen entweder an der Oberfläche des Landes oder auf dem Grunde der Wasserbehälter zum Vorschein, und entstehen wohl größtentheils durch den Niederschlag der Dünste, so wie aus dem Schnee der höhern Berge; einige auch wohl durch unterirdische Dämpfe, welche in die Höhe steigen und sich hier abkühlen. Daß das Seewasser unter der Erde emporsteige ist zwar oft behauptet worden, allein durch neuere Erfahrungen und Versuche wiederlegt.

Das Quellwasser ist gewöhnlich mit fremden Bestandtheilen vermischt, die beim Durchsickern des Wassers durch die verschiedenen Erdarten aufgelöst oder auch nur mechanisch

mit dem Wasser gemengt werden. Am gewöhnlichsten finden sich Kalkerde, Eisen, Salze. Bei einer beträchtlichen Menge dieser Materien, zumal wenn sich auch noch kohlensaures Gas damit verbindet, entstehen die sogenannten Mineralwasser, Gesundbrunnen, welche als Bad oder Getränk zur Heilung vieler Krankheiten angewandt werden. Auch die heißen Quellen, die fast alle mineralischer Natur sind, gehören hierher. Diese letzteren mögen aus großen Tiefen herkommen, daher sie fast nur am Fuße hoher Berge hervorbrechen. Auch hat man angenommen, daß sie im Innern der Erde über Schwefelkiese laufen und sich dadurch erhitzen. Einige von ihnen haben über 50 Grad Wärme, ja selbst kochendes Wasser bricht an einigen Stellen, wie in Island, aus der Erde hervor.

Andere Quellen enthalten eine Kupferauflösung, welche sich an hineingeworfene Körper ansetzt (Cementquellen). So verfertigt man zu Neusohl, in Ungarn, eiserne Gefäße, wirft sie in die dortige Cementquelle und nimmt sie nach einiger Zeit, mit Kupfer überzogen, wieder heraus. Andere Quellen inkrustiren die hineingelegten Gegenstände mit Stein.

Künstliche Quellen (Brunnen) werden da, wo die natürlichen fehlen und man Wasser bedarf, gegraben. Es ist wahrscheinlich, daß man in der Erde überall auf Wasser kommt, sobald man nur die hinreichende Tiefe erreicht hat. Wenn man in der Tiefe eine Thonschichte durchgraben muß um zu Wasser zu gelangen, so springt es gewöhnlich mit großer Gewalt bis über die Oberfläche der Erde hervor (artesische Brunnen). Dieß erklärt sich wohl daher, daß Thonschichten das Wasser nicht durchlassen. Die große Menge des Quellwassers an einzelnen Orten scheint auf unterirdische Seen zu deuten.

§. 85.

Die aus den Quellen sich bildenden Flüsse (auch Bäche, wenn sie sehr klein, und Ströme, wenn sie sehr groß sind) fließen nun mit einem größern oder geringern Gefälle über (in einzelnen Fällen auch streckenweise wieder unter*) der Erde fort, und vergrößern sich unterwegs immer mehr durch Aufnahme neuer Quellen und Vereinigung mit andern Flüssen. So erreichen sie entweder das Meer oder ergießen sich in einen See mit oder ohne Abfluß, oder sie werden allmählig schwächer und versiegen im Sande (Steppenflüsse). Alle Gewässer, die sich mit einem Hauptstrom auf dessen Wege zum Meere mit ihm vereinigen, bilden mit ihm zusammen sein Stromgebiet. In den obern, der Quelle näheren Theilen ist das Gefälle meistens stärker als näher der Mündung, und eben daher auch der Lauf rascher. Während es dort auf eine geographische Meile mehrere hundert, ja tausend Fuß betragen kann, gehen in den untern Theilen oft mehrere Meilen Lauf auf einen Fuß Fall. Bei sehr starkem Gefälle entstehen Stromschnellen, bei noch stärkeren Wasserfälle, deren man sogar völlig senkrechte antrifft. In einigen Flüssen kommen aber auch im mittlern und selbst im untern Laufe noch Wasserfälle vor, welche die Schifffahrt unterbrechen.

Ein sehr geringes oder ganz mangelndes Gefälle (denn viele Flüsse sind vor ihrer Mündung auf einige Meilen schon völlig meeresgleich) bewirkt dagegen ein langsames Fließen, was durch Winde und die vom Meere hineindringenden Fluthwellen auch gänzlich gehemmt (gestaut)

*) Dahin gehören z. B. Rhone und Ebro im obern Theile ihres Laufes, so wie mehrere Arme größerer Flüsse. Ein solcher unterirdischer Donauarm scheint in den Neusiedler See zu münden.

werden kann. Das Zusammenstoßen eines ins Meer sich ergießenden Stromes mit der vom Meere herandrängenden Fluth bewirkt Barren (Wasserberge, die sich mit großer Schnelligkeit längs dem Ufer fortwälzen und alles was ihnen entgegensteht, zerstören).

In tropischen Gegenden treten die meisten Flüsse periodisch über ihre Ufer und überschwemmen die benachbarten Strecken; in andern Erdgegenden sind solche Ueberschwemmungen nicht regelmäßig, sondern hängen von ungewöhnlich heftigen Regengüssen, plötzlichem Schmelzen des Schnees in den Gebirgen und dergleichen ab. In den gemäßigten Klimaten ist das Frühjahr die Zeit, wo die meisten Ueberschwemmungen zu befürchten sind: in tropischen Gegenden ist es regelmäßig die Zeit, welche auf die periodischen Regen folgt.

§. 86.

Da in den höhern Luftgegenden durchschnittlich eine größere Kälte, verbunden mit einem geringen Unterschiede der Jahreszeiten, herrscht als in den tiefern, so erscheinen die Niederschläge, welche sich unten als Regen zeigen, oben meistens als Schnee. Da nun auf den höchsten Bergen der Schnee gar nicht oder doch in viel zu geringer Menge schmelzen kann, so würde er sich immer mehr und gleichsam ins Unendliche anhäufen, wenn nicht theils die heftigen Stürme ihn wegführten, theils bei sehr großer Anhäufung seiner eignen Last ihn herabdrückten. Es entstehen auf diese Weise die Gletscher, die sich in die Thäler hinabschieben, bis zuletzt die Kraft der Sonne stark genug ist sie aufzulösen.

Die Abschüssigkeit des Bodens, auf welchem die Gletscher auflagern, erklärt wohl hinreichend dieses Vorrücken, zumal die Reibung bei der glatten und feuchten Beschaffenheit der

untern aufliegenden Fläche nicht stark seyn kann. Sie schieben gewöhnlich eine Menge Steingeröll vor sich her das sie unterwegs losgerissen und zertrümmert haben. So langsam dieß Vorrücken im Ganzen auch geschieht, da zwei Fuß in 24 Stunden schon viel ist, so verursacht doch die ungeheure Masse einen so unwiderstehlichen Druck, daß die stärksten Bäume entwurzelt und Häuser zusammengedrückt und vom Boden weggerissen werden. Schon manchen Ortschaften haben die Gletscher den Untergang gebracht.

Wenn der Boden, über welchen ein Gletscher sich herabschiebt, nach unten zu steiler wird, so entstehen da, wo die größere Steilheit beginnt, in der unbiegsamen Masse Spalten, die oben auseinander klaffen, und deren Bildung durch ein schreckliches Krachen bezeichnet wird. Diese Spalten füllen sich mit der Zeit wieder durch hereindringendes Wasser, welches durch sein Gefrieren sie wieder schließt. Doch kann auch eine solche Zerspaltung das plötzliche Losreißen und Herabstürzen einer großen Masse von Eis und Schnee bewirken; und ebenso reißen Stürme Schneeklumpen los, die sich im Herabrollen ungemein vergrößern und sehr gefährlich werden können (Lawinen).

In den Schweizergebirgen, deren Gestaltung, Höhe und geographische Lage die Bildung der Gletscher mehr als irgend ein andres begünstigt, und wo man seit langer Zeit hinreichend genaue und zuverlässige Nachrichten über die Veränderungen, welche sich in den Gebirgen ereignet haben, besitzt, ist ein wenn gleich langsames, doch unverkennbares Wachsen der Gletscher seit mehreren Jahrhunderten bemerkt worden. Alte Pässe sind ungangbar geworden, Ortschaften erdrückt und vernichtet, ja ganze Thäler durch Eis verstopft worden, in denen früher ein

Bach floß und Vegetation bestand. Die von Zeit zu Zeit eintretende Verminderung durch heiße und lang andauernde Sommer ist nicht im Stande gewesen, der Vermehrung das Gleichgewicht zu halten, und viele Gletscher sind schon auf einen Punkt gelangt, wo sie sich gleichsam im Maximo befinden und wegen Lokalhindernissen nicht weiter wachsen können. Diese im Ganzen den Anwohnern unerfreuliche Erscheinung darf indeß nicht auf ein Kälterwerden des Klima's bezogen werden, wiewohl umgekehrt sich nicht läugnen läßt, daß der vorrückende Gletscher die Temperatur der Orte, denen er sich nähert, vermindert. In Zeiten, welche der Epoche der Erhebung dieser Gebirge näher lagen, hatte wohl der Boden noch so viel ursprüngliche innere Wärme behalten, daß erst nach sehr geraumer Zeit die Gipfel sich mit ewigem Schnee bedecken konnten, und dieser mußte dann ebenfalls eine große Höhe erreichen (man schätzt die Dicke der Schneeschichten auf den Hochgipfeln des Montblanc, Monte Rosa u. a. gegen 250—300 Fuß), was nur im Laufe vieler Jahrhunderte geschehen konnte, ehe die ersten Spuren einer Gletscherbildung sich zeigten. So darf man wohl nicht befürchten, daß die Gletscher einst das ganze Gebirg mit allen seinen Thälern in ein starrendes Eisfeld verwandeln würden, aber gleichwohl wird der Fleiß des Menschen nicht unterlassen dürfen, die Gletscher künstlich zu vermindern, wie bereits durch absichtliche Abtrennung einzelner Theile derselben versucht worden ist.

Diese Gletscher sind nun die Reservoirs, aus denen fortwährend die Bäche und Flüsse gespeist werden, und dadurch von unschätzbarem Werthe für einen ungleich größern Landstrich, als den, welcher ihre unmitelbare Wirkung in der Nähe empfindet. Dem untersten am weitesten

vorgeschobenen Theile entquillt ein Bach, der sich, auf dem Grunde des Thales angelangt, mit den aus andern Gletschern entquollenen Bächen zu einem Flusse vereinigt und in die Ebene hinausströmt.

§. 87.

Die größten Ströme und Stromsysteme der Erde enthalten die sibirischen, chinesischen und amerikanischen Tiefländer. 500 Meilen in grader Linie gemessen, scheint das äußerste zu seyn, was ein Strom der Erde erreicht, also etwa der 11te Theil ihres Anfangs.

Der größte Strom ist der Maranon,* auch Amazonenstrom genannt, in Südamerika von W nach O fließend. Sein Stromgebiet umfaßt etwa den 100sten Theil der ganzen Erdoberfläche. Viele seiner Nebenflüsse übertreffen die größten Ströme Europas an Länge und mehr noch an Wasserreichthum. Ungeheure Wälder umgeben ihn, und die heftigen Regen, denen diese Gegenden anhaltend unterworfen sind (es gibt dort Länder, die zwei trockene und zehn Regenmonate zählen) erhalten diese ungeheure Masse des Wassers. Schon gegen 100 Meilen vor seiner Mündung ist das eine Ufer nicht mehr vom andern zu erblicken. An seiner Mündung ist er 10 — 12 Meilen breit und theilt sich in zwei Arme, die eine große Insel umschließen.

Der Plata ist der zweite große Strom Südamerikas, an Breite dem Maranon ziemlich gleich. Eigentlich sind es drei große Ströme, die sich etwa 50 Meilen vor der Mündung vereinigen.

* Den Namen erklärt man durch mare o non? wie die ersten Entdecker (die Spanier unter Orellan im Anfang des 16ten Jahrhunderts) sich verwundert über die ungeheure Breite des Stromes gefragt haben sollen.

Nordamerikas größter Strom ist der Mississippi und der mit ihm sich vereinigende Missouri, dessen Gebiet sich von den Felsengebirgen im Westen bis zu den Alleghanys im Osten erstreckt.

Asien hat im Norden drei große Ströme: den Obi, Jenisei und Lena, die sich ins Eismeer ergießen und einen großen Theil des Jahres hindurch mit Eis bedeckt sind. Sie entspringen dem Nordrande des asiatischen Hochlandes.

Im Osten finden sich ebenfalls drei große Ströme: Der Amur, Hoangho und Jantsekiang, die beiden letztern auch gelber und blauer Fluß genannt. Sie entspringen dem östlichen Theile des Hochlandes.

Dem südlichen Rande entspringen ebenfalls mehrere große Flüsse, deren Lauf aber zum Theil noch sehr unbekannt ist: der Cambodia, Irawaddi, Buremputer und Ganges. Namentlich der letztere nimmt eine ungemeine Anzahl anderer Flüsse auf, wodurch diese heiße Gegend trefflich bewässert und zur fruchtbarsten des ganzen Erdbodens gemacht wird.

Dem westlichen Rande des Hochlandes entquellen nur Ströme, die im Vergleich zu den oben genannten zum zweiten oder dritten Range gerechnet werden müssen und die das Meer nicht erreichen, sondern dem kaspischen und Aral-See zuziehen.

Der Euphrat, der größte Strom Westasiens, entspringt nächst dem Tigris, der sich mit ihm vereinigt, dem armenischen Plateau.

Afrikas Ströme sind zwar zum Theil von bedeutender Länge, an Wasserreichthum jedoch nicht mit denen Asiens und noch weniger Amerikas zu vergleichen. Die größten sind: 1) der Nil, der nur in seinem obern Theile

Nebenflüsse in sich aufnimmt, sich sodann durch weite Wüsten hindurch windet und endlich das Tiefland Aegypten erreicht, welches er periodisch bewässert und es so fruchtbar macht. Dieser *einzige* Strom Aegyptens hat das Land gleichsam erst geschaffen, denn namentlich Unterägypten besteht nur aus Nilschlamm, der sich nach und nach bis über den Meeresboden erhöhte. 2) der *Niger*, erst seit Kurzem genauer bekannt, der sich nach einem stark gewundenen Laufe in den guineischen Meerbusen ergießt. Von den übrigen, nicht sehr zahlreichen Strömen Afrika's gehört keiner zum ersten Range.

Europa's größte Ströme kommen ebenfalls den asiatischen und amerikanischen in keiner Beziehung gleich. Der größte ist die Wolga, die aber das Meer nicht erreicht, sondern in den kaspischen See sich ergießt. Nächst ihm nimmt das schwarze Meer die größten europäischen Ströme (Donau, Dnepr, Don) auf; in das atlantische und mittelländische Meer fallen nur Ströme, deren längster etwa 100 bis 150 Meilen in gerader Linie halten. Doch sind sie wasserreicher als die Ströme in Afrika.

Der australische Continent hat uns noch keinen einzigen Strom von Bedeutung gezeigt.

§. 88.

Die *Atmosphäre der Erde* (von ἀτμός Dampf und σφαῖρα Kugel) umgiebt sie rings herum bis zu einer noch nicht genau bekannten Höhe und besteht aus einer dünnen elastischen Flüssigkeit (atmosphärische Luft). Sie begleitet die Erde auf allen ihren Bewegungen, macht auch die tägliche Rotation derselben mit und muß demnach als ein eigenthümlich zu ihr gehörender Theil angesehen werden.

Diese Luft ist kein Element, wie man früher annahm, sondern eine innig verbundene Mischung zweier Gasarten, des Sauerstoffes (Oxygen) und Stickstoffes (Azot). Beide Gasarten sind in dem konstanten Verhältniß 21 : 79 mit einander verbunden. Der Sauerstoff allein ist es, der die Luft einathembar macht; im Stickstoff, wie in jeder andern Gasart, würde der Mensch und alle Geschöpfe der Erde nach sehr kurzer Zeit ersticken. Das quantitative Verhältniß dieser beiden Gasarten ändert sich in der Natur nie, selbst die Ausdünstungen vieler in einem engen Raum befindlichen Personen ändern es gar nicht oder äußerst wenig und nur die Kunst vermag ein anderes Mischungsverhältniß an die Stelle des obigen zu setzen.

Auch Wasserstoffgas, Kohlensäure und andere Gasarten nebst Wasserdämpfen, kommen in der atmosphärischen Luft vor, aber in geringereren und unbestimmten Quantitäten. Ungesund wird eine Luft hauptsächlich durch den größern Antheil an Kohlensäure (der mittlere ist etwa $\frac{1}{1000}$ der ganzen Atmosphäre) während man früher irriger Weise glaubte, der Sauerstoffgehalt sey vermindert. Das Wasserstoffgas ist in noch geringerer Menge vorhanden, nur um die Krater der Vulkane herum ist es häufiger. Die specifischen Gewichte dieser Gasarten, wenn die atmosphärische Luft = 1000 gesetzt wird, sind:

Sauerstoffgas 1107
Stickstoffgas 971
Kohlensaures Gas 1524
Wasserstoffgas 71

Bei dieser großen Verschiedenheit der specifischen Gewichte ist es auffallend, daß die höchsten Regionen, welche man bisher (Gay Lussac im Luftballon) erreicht hat,

dasselbe Mischungsverhältniß zeigen, wie die untersten Schichten. Nur über dem Meere findet sich keine, oder doch äußerst wenig Kohlensäure, weil das Wasser sie absorbirt.

Die Luft und alle Gasarten sind elastisch und durchsichtig, und beides in höherem Grade als alle andern bekannten Körper der Erde. Auch ist die Luft, obwohl im mittleren Dichtigkeitszustande 900 mal leichter als Wasser, doch den Gesetzen der Schwere unterworfen und kein Imponderabile, wie das elektrische und magnetische Fluidum und andere angenommene Materien. Die Durchsichtigkeit der Luft ist nicht absolut; wir sehen die Gegenstände auf hohen Bergen weit schärfer als unten, und in der Richtung nach dem Horizont zu schwächer und unbestimmter, als in einer dem Zenith näher kommenden.

§. 89.

Mariotte hat folgendes, durch alle späteren Versuche bewährt gefundenes Gesetz für den Druck der Luft aufgestellt:

Der Druck, den eine Luftmasse auf eine Fläche ausübt, verhält sich wie die Dichtigkeit der Luft da, wo sie die Fläche berührt.

Bezeichnen wir also die Dichtigkeit einer gegebenen Luftmasse durch S, den Druck (pressio) durch p, so ist jederzeit

$$p = k\ s$$

wo k eine Constante bedeutet.

Würde die Luft nicht von der Erde zurückgehalten, so würde sie sich nach allen Seiten gleichmäßig ausdehnen. Vermöge der Schwere aber muß sie unten dichter seyn und einen stärkeren Druck empfinden, der Druck ist also eine Funktion der Höhe über der Erdfläche h. Nennen wir also die Kraft der Schwere G, so haben wir die Relation

$$d\,p = -\,s\,G\,.\,d\,h.*$$

Die Schwere ist nun aber selbst von der Höhe abhängig, denn ist der Erdhalbmesser r und die Schwere an der Erdoberfläche g, so haben wir

$$G : g = \frac{1}{(r + h)^2} : \frac{1}{r^2},$$

folglich
$$G = \frac{g\,r^2}{(r + h)^2}$$

und daher
$$\frac{dp}{s} = -\,\frac{g\,r^2}{(r + h)^2}\,dh$$

Da aber $p = ks$, so hat man $\frac{dp}{s} = k.\frac{dp}{p}$ und also auch

$$k\int\frac{dp}{p} = -\,gr.^2\int\frac{d\,h}{(r + h)^2}$$

Integrirt man wirklich, so wird erhalten

$$k\ \text{log. nat. } p' = C + \frac{gr^2}{(r + h)}$$

Die Constante C muß nun so angenommen werden, daß an der Erdoberfläche, wo $h = o$ ist, und der Druck durch p, bezeichnet werden möge, den Gleichungen $p = p$, und $h = o$ Genüge geleistet werde.

Es geschieht dieß nun durch

$$k\ \text{log. nat. } p' = C + gr;$$

und wenn man von dieser Gleichung die vorige abzieht, so hat man

$$k\ (\text{log. nat. } p' - \text{log. nat. } p) = gr - \frac{gr^2}{r + h}$$

welche man auch schreiben kann

$$\text{log. nat. } \frac{p'}{p} = \frac{g}{k} \cdot \frac{r\,h}{r + h}$$

Betrachtet man also, was bei geringen Höhendifferenzen gestattet ist, den Ausdruck

* Das negative Verzeichen kommt daher, weil die Schwere G die Höhe zu vermindern strebt.

$$\frac{g}{k} \cdot \frac{r}{r + h}$$

als konstant, so folgt daß log. $\frac{p'}{p}$ dem h proportional ist.

Setzt man also statt des Ausdrucks $\frac{g}{k} \cdot \frac{r}{r + h}$ der Abkürzung wegen b' so hat man

$$(1). \quad \log. \text{nat.} \frac{p'}{p} = b.\ h$$

und es ist nun die Constante b durch Beobachtungen zu bestimmen. Die Logarithmen des Ausdruckes sind indeß hyperbolische, wie es die Natur der Integration mit sich bringt, um sie auf briggische zu bringen, muß man noch mit dem Modul der letztern m = 0,4342944 multipliciren. Alsdann erhält man log. brigg. $\frac{p'}{p}$ = mb. h, wofür wir setzen wollen

$$(2). \quad \log. p' - \log. p = b'\ h.$$

§. 90.

Das Instrument welches zum Messen des Luftdrucks p dient, ist das Barometer, und es ist klar, daß wenn die Constante b' durch Versuche bestimmt ist, die Höhe des Ortes, wo der Druck p beobachtet worden, über denjenigen, wo man p' beobachtet hat, gefunden werden kann. Hierauf nun gründen sich die barometrischen Höhentafeln, die man in verschiedenen Werken, am vollständigsten und ausführlichsten in Schumachers astronomischem Jahrbuch (seit 1836) findet.

Das Barometer besteht aus einer oben geschlossenen und luftleeren Glasröhre, in welche durch den Druck der Luft eine Flüssigkeit bis zu einer gewissen, dem Druck proportionalen Höhe steigt. Man wählt die schwerste aller

bekannten natürlichen Flüssigkeiten, Quecksilber, welches durch den Druck an der Erdfläche durchschnittlich 28 Par. Zoll in der Röhre hinaufgetrieben wird. Wählt man z. B. Wasser, so würde man eine Röhre von 32 Fuß und darüber bedürfen; auch würde Wasser in den meisten Klimaten dem Gefrieren ausgesetzt seyn, während Quecksilber erst bei einer nur selten und an wenigen Erdorten vorkommenden Temperatur (— 32° R.) gefriert.

Indeß ist bei Bestimmung der Höhen durch das Barometer noch manches zu berücksichtigen. Sein Stand ist nämlich überall veränderlich, und diese Veränderungen sind nur zum geringeren Theile so beschaffen, daß sie von bestimmten Perioden abhängen und sich also vorausbestimmen lassen; die meisten sind in Bezug auf unsere Formeln eben so zufällig, als die Witterungsveränderungen, mit denen sie auch in genauem Zusammenhange stehen. Selbst der an zwei entlegenen, in gleicher Höhe (z. B. an der Meeresküste) gelegenen Orten aus vieljährigen Beobachtungen abgeleitete mittlere Barometerstand ist keineswegs gleich, sondern, wie die Erfahrung lehrt, bis zu $1/2$ Zoll verschieden.

Um den hierin liegenden Anomalien, welche, wenn man sie ganz unberücksichtigt ließe, Fehler von einigen tausend Fuß in den zu bestimmenden Höhen erzeugen könnten, möglichst wenig Einfluß zu lassen, mache man sich zur Regel:

1) nur Orte, welche nicht zu weit auseinander liegen, barometrisch mit einander zu vergleichen;

2) die Beobachtungen an beiden Orten durchaus gleichzeitig zu machen (wozu also 2 Beobachter mit 2 übereinstimmenden und zu diesem Zweck genau verglichenen Instrumenten gehören) und diese Beobachtungen mehrmals bei verschiedenen Luft- und Temperaturzuständen zu wiederholen;

3) Beobachtungen bei Sonnen Auf- und Untergang auszuschließen und sich nur der Mittags- oder doch dieser nahe liegenden Beobachtungen zu bedienen.

§. 91.

Außer diesen Vorsichtsmaßregeln, die zur möglichsten Beseitigung der der Rechnung sich entziehenden Einflüsse dienen, muß man nun aber auch die, welche einem genauen oder doch näherungsweise auszuführenden Calcul unterworfen sind, in Betrachtung ziehen, und zu dem Ende

α) die Temperatur des Quecksilbers im Barometer,

β) die Temperatur der im Schatten befindlichen Luft beobachten;

γ) die geographische Breite in Betracht ziehen und zwar für beide zu vergleichende Orte.

Die Temperatur des Quecksilbers muß bekannt seyn, weil durch sie eine vom Luftdruck unabhängige Veränderung des Volumens aller Materien und also auch des Quecksilbers bewirkt wird. Man muß also den Stand des Barometers dieser Veränderung gemäß corrigiren.

Die Temperatur der Luft muß bekannt seyn, weil der Faktor b′, den wir in der obigen allgemeinen Betrachtung als constant angenommen haben, durch eine veränderte Lufttemperatur gleichfalls verändert wird. Für die Temperatur der zwischen beiden Beobachtungsorten liegenden Luftschichte nimmt man sodann das Mittel aus der an beiden Stationen beobachteten an.

Die geographische Breite endlich ändert, wie bereits §. 47 und 48 erwähnt worden, die Schwere und damit den davon abhängenden Druck. Diese Veränderung ist aber gering und es genügt selbst für bedeutende Höhen, die Breite in Graden zu kennen.

Mit Berücksichtigung dieser Vorsichtsmaßregeln und Korrektionen kann man im Allgemeinen annehmen, daß man Höhen von nicht zu beträchtlicher Differenz bis auf 15—20 Fuß Unsicherheit (in günstigen Fällen bei sehr nahe gelegenen Punkten auch noch beträchtlich genauer) bestimmen könne.

Bessel hat auch auf den in der Luft befindlichen Wasserdampf bei barometrischen Höhenmessungen Rücksicht genommen, und gezeigt, wie man die Angaben des befeuchteten Thermometers benutzen könne, um noch eine Korrektion anzubringen, die in manchen Fällen nicht unbeträchtlich werden kann.

§. 92.

Der in §. 91 erwähnte Zusammenhang der Barometerstände mit der Witterung ist ein noch bei weitem nicht ganz erledigter Gegenstand der Meteorologie, der auch, da jedes Klima, jede Erdgegend hierin verschiedene Verhältnisse zeigt, zu den schwierigsten gehört und nur durch sehr beharrlich fortgesetzte Beobachtungen zu ermitteln möglich ist. Folgende Regeln sind von allgemeiner oder doch überwiegender Gültigkeit:

1) In den Tropengegenden und den mittleren Breiten hat das Barometer an der Meeresküste ziemlich allgemein übereinstimmend den mittleren Stand 338 Par. Linien für + 10° R Quecksilberwärme. In Breiten über 45° nimmt diese Höhe ab, jedoch scheint eine konstante Abnahme bis zu den Polen hin nicht stattzufinden, eben so wenig als unter gleicher Breite überall ein gleicher Barometerstand für das Niveau des Meeres gefunden wird. Die niedrigsten Barometermittel gehören den Sturmregionen der Erde, die in der Nähe der Polarkreise liegen, an: in der nördlichen Halbkugel Island, in der südlichen Cap Horn.

2) Mit der wachsenden Breite nehmen die unregelmäßigen Variationen des Barometers (d. h. die an keine feste Periode geknüpften) zu, und zwar in einem außerordentlich starken Verhältnisse von 1 bis 2 Linien am Aequator bis zu 3 Zollen in den hochnordischen Sturmklimaten.

3) In denjenigen Erdgegenden, wo sich Winter und Sommer unterscheiden, sind diese unregelmäßigen Variationen im Winter 2 bis 3 mal stärker als im Sommer.

4) Ein großer Theil dieser unregelmäßigen Variationen hangt vom Winde ab, und zwar sind im mittlern Europa die Südwinde diejenigen, welche dem tiefsten, die Nordostwinde dagegen die, welche dem höchsten Barometerstande entsprechen.

5) Wenn die Luft Neigung zu Niederschlägen, besonders zu Gewittern zeigt, pflegt das Barometer zu fallen; bloß neblige Luft pflegt häufiger das Gegentheil, also ein Steigen, zu bewirken. Die tiefsten Barometerstände gehören heftigen Stürmen an, wenn sie nämlich von derjenigen Seite kommen, die überhaupt tiefere Stände bewirkt.

6) Die regelmäßigen Variationen des Barometers sind an eine jährliche und an eine tägliche Periode geknüpft. Die jährliche zeigt sich in den Tropengegenden der Art, daß den wärmern Monaten die niedrigen Barometerstände angehören; in höhern Breiten nehmen diese Unterschiede mehr und mehr ab und verlieren an Regelmäßigkeit.

7) Die tägliche Periode zeigt sich unter den Tropen in der Art, daß etwa um 4 Uhr Morgens ein Minimum, um 9 oder 10 ein Maximum, um 4 Uhr Nachmittags ein zweites Minimum und etwa um 11 Uhr Nachts ein Maximum sich zeigt. Der Unterschied beträgt dort 1$^{1}/_{4}$ bis 1$^{1}/_{2}$ Linie,

in höhern Breiten bleiben zwar die Zeitmomente nahe dieselben, aber die Unterschiede vermindern sich beträchtlich und werden zugleich nach den Jahreszeiten verschieden, so daß sie im Winter geringer als im Sommer sind.

Diese Abnahme der regelmäßigen Aenderungen, verbunden mit der großen Zunahme der unregelmäßigen, bewirkt, daß während man unter den Tropen die tägliche Periode aus den Beobachtungen jedes Tages erkennen kann, in höhern Breiten oft ganze Monate nichts davon bemerken lassen und mehrere Jahre dazu gehören, sie nach ihren Coefficienten festzustellen.

Der Zusammenhang des Barometers mit den Veränderungen, die in der Atmosphäre vorgehen, und der Umstand, daß man die Variationen des Barometers unmittelbar bemerkt, die atmosphärische aber größtentheils erst mittelbar durch ihr in die Augen fallendes Resultat (Regen, Sturm, Aufheiterung) wahrnimmt, ist Veranlassung geworden, das Barometer zur Voranzeige des Wetters zu benutzen. Wiewohl nun dieser Gebrauch unter den gehörigen Einschränkungen nicht grade zu verwerfen ist, so kann doch eine sichere Vorausverkündigung des Wetters nie vom Barometer erwartet werden, und es ist eine irrige Ansicht, dieß Instrument, was zu den trefflichsten und lehrreichsten der gesammten Physik gehört, deßhalb anklagen zu wollen. Das Nichteintreffen einer erwarteten Witterung ist keinem Fehler des Barometers, sondern nur einer fehlerhaften Ansicht von dem, was das Barometer zu leisten hat, zuzuschreiben.

Ein Fallen oder Steigen des Barometers erstreckt sich meistens über einen beträchtlichen Theil der Erde, nicht selten z. B. uber ganz Mitteleuropa, während Witterungs-

erscheinungen bei weitem mehr lokal sind. Es ist gewiß ein höchst seltener Fall, daß es z. B. in ganz Deutschland gleichzeitig regne, während es völlig zur Tagesordnung gehört, daß das Barometer in ganz Deutschland in gleichem Sinne (wenn auch an einzelnen Punkten stärker als an andern) variire. Hierin allein würde schon ein Grund liegen, die Gewißheit der Voranzeigen durch das Barometer illusorisch zu machen, auch wenn keine andern vorhanden wären.

Wer sich gewöhnt, das Klima eines Landes in der Natur selbst und an den meteorologischen Instrumenten gleichzeitig zu beachten, wird bei einiger Aufmerksamkeit sich die für dieses Klima passenden Regeln abstrahiren und zugleich den Grad der Wahrscheinlichkeit dieser Regeln beurtheilen können.

§. 93.

Die Atmosphäre ist durchsichtig, und zwar in höherm Grade als irgend ein andrer flüssiger oder fester Körper der Erde, doch wirft sie auch einige Strahlen zurück und verursacht auf diese Weise die Dämmerung, wodurch Gegenden, unter deren Horizont die Sonne steht, noch etwas Licht erhalten. Aus der Dauer dieser Dämmerung hat man die Höhe der Atmosphäre, d. h. desjenigen Theiles derselben, der noch hinreichend Licht zurückzuwerfen im Stande ist, zu etwa 10 Meilen bestimmt.

Die Lichtstrahlen werden aber von der Luft nicht bloß zurückgeworfen, sondern auch beim Durchgange durch dieselben gebrochen, d. h. von ihrem Wege abgelenkt. Diese Brechung (Refraktion) findet ganz allgemein statt, wo ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Medium in ein andres von verschiedener Dichtigkeit übergeht.

Man denke sich eine Ebene, welche die Grenze zwischen zwei durchsichtigen Materien bildet, und in dem Punkte derselben, wo ein Lichtstrahl sie trifft, eine Normale auf dieselbe gezogen. Der Winkel, welchen der einfallende Lichtstrahl mit dieser Normale macht, heißt der Einfallswinkel. Der Lichtstrahl wird nun in der Ebene, welche durch die Normale in die Einfallsrichtung gelegt werden kann, bleiben, aber der Winkel, den er im Fortgange durch die andre Materie mit der Normale bildet, wird von dem Einfallswinkel verschieden seyn: man nennt ihn den gebrochenen Winkel, und den Unterschied zwischen dem Einfalls- und gebrochenen Winkel die Brechung.

Geht der Strahl aus einem dünneren durchsichtigen Mittel in ein dichteres über, so ist der gebrochene Winkel kleiner als der Einfallswinkel, in umgekehrtem Falle aber größer.

Es geht z. B. der Strahl aus Luft in Wasser, aus Wasser in Glas, aus Luft in Glas über, so erfolgt eine Brechung, bei welcher der gebrochene Winkel kleiner als der Einfallswinkel ist. Man lege eine Münze in ein mit Wasser gefülltes Glas oder tauche einen Stab zum Theil ins Wasser, so wird man die Refraktion der Wirkung wahrnehmen.

Ein gleiches wird nun auch erfolgen, wenn der Lichtstrahl aus dem luftleeren Weltenraum in die Atmosphäre der Erde tritt, und daß die Brechung hier nicht auf einmal und in einem Punkte, sondern wegen der stetigen Zunahme der Luftdichtigkeit von oben nach unten hin ebenfalls allmählig und in allen Punkten erfolgt, so daß der Weg des Lichtstrahls durch die Atmosphäre eine Curve ist, und die Größe der Brechung in jedem Punkte desselben gleich ist dem Winkel, welche die Tangente dieser Curve mit dem ursprünglichen

einfallenden Strahle bildet. Die Normale ist in diesem Falle die Scheitellinie, und der Einfalls- wie der gebrochene Winkel Zenithdistanzen (§. 4), ersterer die wahre, letzterer die scheinbare.

Für die gleichen brechende Medien hat der Sinus des Einfallswinkel zum Sinus des gebrochenen Winkels stets dasselbe Verhältniß, und man nennt die Zahl, welche dieses Verhältniß ausdrückt, den Brechungs-Coefficienten für diese Medien. Es folgt hieraus, daß die Brechung mit der Zenithdistanz selbst zunimmt, daß sie im Scheitelpunkte selbst gleich Null, und im Horizont am größten sey.

Mit einer Veränderung der Luftdichtigkeit muß sich also auch der Brechungs-Coefficient ändern, und da die Luftdichtigkeit sowohl durch eine veränderte Elasticität, als auch durch eine veränderte Temperatur zu- und abnehmen kann, so müssen beide Ursachen in Betracht gezogen werden. Erstere wird durch das Barometer, letztere durch das Thermometer angezeigt, und so hat man drei Argumente der Refraktion:

1) die Zenithdistanz des Objekts (Gestirnes),
2) der Barometerstand,
3) der Thermometerstand.

Die Refraktion nimmt vom Zenith bis zu 40° oder 45° Abstand hin langsam und ziemlich gleichförmig etwa um 1″,2 für jeden Grad, zu, von da ab aber immer schneller, so daß sie bei 45° etwa 59″, bei 70° schon 3′, bei 80° gegen 7′, bei 90° oder im Horizont selbst 36′ beträgt (bei 28 Zoll Barometer- und 0° Thermometerstand).

Durch diese astronomische Refraktion werden alle Gestirne scheinbar dem Zenith näher gerückt; alle Distanzen, am meisten die vertikalen, verkleinert; die Aufgänge beschleunigt

und die Untergange verzögert; die Gestalt der Sonne und des Mondes in der Nähe des Horizonts aus einer kreisförmigen in eine elliptische verwandelt.

Da die verschiedenen Farben, in welche der einzelne Lichtstrahl bei der Brechung sich spaltet, auch etwas verschiedne Brechungs-Coefficienten haben, so erblickt man da, wo die Brechung stark genug ist, in der Nähe des Horizonts, auch bei sonst farblosen Gestirnen diese Farben, namentlich die rothe, daher auch der Ursprung der Morgen- und Abendröthen.

Auch nichtastronomische, unserm Erdkörper und seinem Luftkreise angehörende Objekte sind den Wirkungen der Refraktion unterworfen, nur daß hier der Lichtstrahl nicht aus den luftleeren Welträumen zu uns gelangt, sondern nur aus einer Luftschichte von verschiedener Dichtigkeit mit derjenigen, in welcher wir uns befinden. Man nennt diese Wirkung der Brechung im Gegensatz zur astronomischen Refraktion die terrestrische. Wie in jener wird auch in dieser der Weg des Lichtstrahls gegen die Erde zu concav seyn, und die Objekte scheinbar erhöhen; daher Bergspitzen und Thürme, die bei einem gradlinigten Wege des Lichtstrahls uns unter dem Horizont verborgen seyn würden, durch die terrestrische Refraktion über denselben emporgehoben und uns folglich sichtbar werden können.

Für die terrestrische Refraktion hat man noch keine so bestimmten Gesetze, wie für die astronomische, aufzustellen vermocht. Sie ist nach den Jahres- und Tageszeiten veränderlich, und zeigt besonders Morgens und Abends sehr starke Unregelmäßigkeiten. Wenn man bei geodätischen Messungen, ohne sie selbst genau zu kennen, doch ihren Einfluß auf Höhenbestimmungen vermeiden will, so muß man gegenseitige und gleichzeitige Beobachtungen machen.

Will man nämlich die Höhe des Punktes B über dem Punkte A erfahren, so beobachte man B von A und gleichzeitig A von B aus. Die terrestrische Refraktion wird beiden Beobachtern die Objekte hinaufrücken, aber beiden gleich=viel, wenn sie zu gleicher Zeit beobachten, und folglich wird der Höhenunterschied beider Orte richtig gefunden.

Die Unregelmäßigkeiten der terrestrischen Refraktion können bei sehr großen und ungewöhnlichen Wärmedifferenzen der verschiedenen Luftschichten allerlei täuschende Erscheinungen hervorbringen, die man unter dem Namen Kimmung, Luftspiegelung (Mirage, Fata Morgana) begreift. Im Horizont erscheinende Landstriche werden gleichsam dem Boden oder dem Meeresspiegel enthoben und in die Lüfte hinaufgerückt; Berghänge, Bäume, Thürme, Masten erscheinen auf das doppelte und dreifache verlängert, auch wohl ein in natürlicher Lage und Gestalt erscheinendes Objekt in umgekehrter Richtung nach oben hin abgespiegelt; * oder der Gesichtskreis erweitert sich, und entfernte Gegenstände erscheinen weit näher und deutlicher, ja man glaubt solche zu sehen, die gar nicht vorhanden sind, namentlich Mauern und Thürme, was durch die starken vertikalen Verlängerungen der Objekte zu erklären ist. In heißen Sandwüsten werden die Wandrer oft durch diese Spiegelung irre geleitet, die ihnen in der Ferne Wasserflächen zeigt, welche nicht existiren; eine grausame Täuschung für Verschmachtende.

* Im Sommer des Jahres 1833 sah ich von Arkona aus das Spiegelbild der von dort aus sichtbaren dänischen Insel Moën einen ganzen Tag hindurch aus der Luft herabhängen, und zwar so deutlich und so bestimmt begrenzt als die natürliche Insel selbst. Gegen Abend senkte sich die Spiegelung und die herabhängenden Bergspitzen desselben vereinigten sich mit denen der wirklichen Insel, so daß symmetrische Oeffnungen entstanden, zwischen denen hindurch man den Himmelsgrund erblickte. Der Anblick im Fernrohr änderte nichts in der Lage und Gestalt des Spiegelbildes.

Namentlich zeigt sich diese Spiegelung an Gegenküsten, wie in der Meerenge von Messina oder dem Pas-de-Calais. — Daß auch selbst in dunkler Nacht solche Spiegelungen stattfinden können, davon überzeugte ich mich im Juli 1833 bei Beobachtung von Pulversignalen, die zur Bestimmung der Längendifferenz auf Speilklint, einem Kreidevorgebirg der Insel Moën, abgebrannt wurden. Statt eines einfachen Blitzes erschienen jedesmal zwei, in bestimmter Distanz und Richtung übereinander, und stets der obere ein wenig schwächer als der untere (wirkliche).

Die Erscheinungen der Fata Morgana und die Gesetze der terrestrischen Refraktion überhaupt sind wenig erforscht, und es bleibt hier das Meiste der Zukunft überlassen.

§. 94.

Die Wärme der Luft, so wie der damit zusammenhängenden festen und flüssigen Erdoberfläche, hängt im gegenwärtigen Zustande zunächst und hauptsächlich vom Stande gegen die Sonne ab. Alle regelmäßigen Veränderungen dieser Wärme lassen sich auf die tägliche und jährliche Periode zurückführen, d. h. als Funktionen des Sonnenstandes darstellen: die mitwirkenden Ursachen, in so fern sie veränderlich sind, kennen wir entweder noch gar nicht oder doch nicht so, daß wir über die durch sie bewirkten Veränderungen Rechnung tragen können, wir müssen sie deßhalb eben so wie die Veränderungen des Luftdrucks als zufällige betrachten.

Durch den von der Sonne ausgehenden Lichtstrahl (oder im Sinne der Undulationstheorie durch die von ihr angeregten und bis zur Erde fortgepflanzten Schwingungen des Aethers) wird die in den Körpern ruhende Wärme geweckt und wirksam gemacht, wodurch sie sich auch andern,

vom Strahl der Sonne nicht getroffenen Körpern in geringerm Grade mittheilt. Da zu dieser Wirksamkeit Zeit erfordert wird und die erregte Wärme nicht sofort wieder aufhört, wenn der Lichtstrahl sie nicht mehr trifft, so folgt, daß die Erwärmung in ihren Maximis und Minimis nicht mit denen der Erleuchtung harmoniren kann. Wäre letzteres der Fall, so würde es beim Auf- und Untergang der Sonne gleich warm (weil gleich hell), beim Meridiandurchgange, um 12 Uhr, am wärmsten, und die ganze Nacht hindurch gleichförmig am kältesten seyn. Ferner würde die größte Jahreswärme mit dem längsten, die geringste mit dem kürzesten Tage, endlich die mittlere Jahrestemperatur mit den Aequinoctien zusammenfallen müssen. Dies ist nun auf der Erde nirgends der Fall, wiewohl die Verspätungen nach Jahreszeiten wie nach Klimaten ungleich sind. Die größte Tageswärme zeigt sich im Winter etwa um 1 Uhr, im Sommer zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags; in Gegenden, wo sich die Jahreszeiten wenig unterscheiden, fast durchaus um 2 Uhr. Die geringste Wärme fällt fast überall mit dem Aufgang der Sonne zusammen, oft, besonders im Winter, erfolgt sie erst nach Sonnenaufgang. Dadurch wird die Zeit des Steigens kürzer als die des Fallens, und zwar weniger im Sommer, sehr merklich dagegen im Winter.

Was die Jahreszeiten betrifft, so tritt die größte Wärme in denjenigen Klimaten, wo Winter und Sommer sich bestimmt unterscheiden, 4 bis 5 Wochen nach dem höchsten Sonnenstande ein, und die Verspätung wächst, wenn man sich den Polen nähert. Die größte Kälte dagegen tritt schon etwa 3 Wochen nach dem Wintersolstitio ein; die mittleren Temperaturen etwa 24 Tage nach den Nachtgleichen.

Aus hundertjährigen Beobachtungen des Thermometers in Berlin (von den Gebrüdern Kirch, Gronau, Brand und mir) fand ich

für den kältesten Tag den 10 Januar,
für den wärmsten Tag den 30 Juli.

Für die südliche Halbkugel muß natürlich Januar der wärmste und Juli der kälteste Monat seyn; und da am Aequator beide Verschiedenheiten einander begrenzen, so heben sie sich hier auf. In den Tropengegenden wird überall nur wenig Verschiedenheit der Wärme einzelner Monate wahrgenommen, und die Maxima sind nach der Gestaltung des Landes verschieden. In Gondar z. B. findet sich der Mai als wärmster Monat, auf der Insel Groß-Canaria (wiewohl schon außerhalb der Tropen) der Oktober.

§. 95.

Die Eigenschaft der Wärme, das Volumen der Körper zu vergrößern, gibt uns ein Mittel an die Hand, sie zu messen. Die einfachste und am allgemeinsten in Anwendung gebrachte Vorrichtung zum Messen der Wärme ist das Thermometer, eine mit einer Kugel verbundene Glasröhre, welche beide (die Röhre jedoch nur zum Theil) mit Quecksilber oder Weingeist angefüllt sind. Wenn die Wärme diese Flüssigkeiten ausdehnt, so werden sie in der Röhre steigen, so wie bei abnehmender Wärme fallen. Die Größe des Steigens und Fallens läßt sich durch eine mit der Röhre verbundene Scala messen, und ihre Theile nennt man die Grade des Thermometers.

Zum Nullpunkt der Theilung wählt man fast allgemein denjenigen Punkt, welchen das Thermometer in schmelzendem Schnee (oder gefrierendem Wasser) zeigt. Man nennt ihn den natürlichen Gefrierpunkt, bezeichnet die von

da ab aufwärts gezählten Grade insbesondere als Wärme und bemerkt sie durch das Zeichen +, die vom Gefrierpunkt abwärts gezählten als Kälte und gibt ihnen das Zeichen —. Um eine feste Bestimmung der Größe der Grade zu erhalten, bemerkt man am Thermometer den Punkt, zu welchem es in den Dämpfen des kochenden Wassers steigt, und den Raum zwischen diesem Siedpunkt und dem Gefrierpunkt theilten Reaumur (einer der ersten, die um die Vervollkommnung des Thermometers sich verdient machten) und De Luc in 80°; Celsius in 100°. Das achtzigtheilige Thermometer ist das gewöhnlichste, und alle in diesem Werke vorkommenden Angaben sind nach ihm bestimmt. Die Kältegrade (Grade unter Null) werden in gleicher Art wie die der Wärme fortgetheilt. — Fahrenheit wählte statt des natürlichen Gefrierpunktes einen künstlichen, nämlich die durch Vermischung von Schnee mit Salz erzeugte Kälte (die nach Reaumur — 14°,2; nach Celsius — 17°,8 ist) zum Nullpunkt; den Siedpunkt bestimmte er wie Reaumur; den Raum zwischen beiden Normalpunkten theilte er aber in 212 Theile, weil er gefunden hatte (womit auch die neuesten Untersuchungen stimmen) daß dieser Raum 0,0212 des ganzen Quecksilbervolumens fasse. So bekam sein künstlicher Kältepunkt 0°, der natürliche des Wassers 32° und der Siedpunkt 212°. Die Engländer gebrauchen dieß Thermometer fast allgemein.*

Folgende vergleichende Scalentabelle kann man sich leicht weiter ausführen:

* Viele andere zum Theil auf ganz falsche Voraussetzungen beruhende Scalen übergehen wir hier, da sie jetzt von keinem Gebrauche mehr sind. Auffallend ist es, daß die Deutschen die Eintheilung eines Franzosen; die Franzosen die eines Schweden (Celsius) und die Engländer die eines Deutschen adoptirt haben und fast ausschließlich gebrauchen.

Reaumur.	Celsius.	Fahrenheit.
+ 80°	+ 100°	+ 212°
+ 60	+ 75	+ 167
+ 40	+ 50	+ 122
+ 20	+ 25	+ 77
0	0	+ 32
— 14²/₉	— 17⁷/₉	0
— 20	— 25	— 13
— 40	— 50	— 58

§. 96.

Thermometer, welche zur regelmäßigen Beobachtung der Lufttemperatur dienen sollen, müssen gegen Norden vor den Sonnenstrahlen geschützt, nicht in eng umschlossenen Räumen, nicht hart am Boden und ohne unmittelbare Berührung mit Mauern und dergleichen im Freien hängen. Sie müssen eine von der Witterung möglichst wenig angreifbare Scala haben, luftleer seyn und vom Zimmer aus ohne Oeffnung des Fensters beobachtet werden können; ferner muß die Scala und Glasröhre sich mindestens so weit erstrecken, daß sie die äußersten möglicherweise vorkommenden Wärme= und Kältegrade in sich begreifen. — Thermometer zu andern Zwecken z. B. zum chemischen Gebrauch, zur Bestimmung der Boden= oder Quellentemperatur bekommen eine, diesen Zwecken gemäße, verschiedene Einrichtung; mit den chemischen z. B. muß man Wärme= und Kältegrade noch messen können, die nicht auf der Erde im Freien mehr vorkommen.

Da bei — 32° R das Quecksilber gefriert, so kann bei größerer Kälte das Quecksilberthermometer nicht mehr gebraucht werden. Wo demnach eine solche zu erwarten ist, müssen Weingeistthermometer angewandt werden, deren Scala man mit denen eines berichtigten Quecksilberthermometers vergleicht und die Grade dann unterhalb — 32° so fortsetzt, daß sie mit der aus dieser Vergleichung hervorgehenden Theilung übereinstimmen. So kann man jede irgend vorkommende natürliche oder künstliche Kälte bestimmen.

§. 97.

Die höchste auf der Erde im Schatten vorkommende Wärme und Kälte scheinen + 40° und — 40° zu seyn. Zwar sind Beobachtungen vorhanden, welche den einen wie den andern Grad beträchtlich überschreiten (+ 46° R. in Murzuk, — 55° in Nertschinsk); allein wir haben Grund zu vermuthen, daß entweder die Thermometer nicht genau an sich, oder doch unzweckmäßig angebracht waren.

Die Extreme der Temperatur in einzelnen Gegenden sind höchst verschieden. Es gibt Gegenden, wo der größte jährliche Temperaturwechsel nicht 10° erreicht (auf St. Thomas in Westindien sind die Extreme + 16° und + 25°, andere, wo sie 60° übersteigt (Irkuzk in Sibirien — 38° und + 24°.) Im Allgemeinen gelten folgende Regeln:

Am Aequator sind die geringsten, an den Polen die stärksten Temperaturunterschiede. Je weiter vom Aequator, desto schroffer tritt der Unterschied der Jahreszeiten hervor.

Die Temperatur des Meeres (also auch der Inseln und Küsten) ist viel geringeren Veränderungen unterworfen als die des Landes im Innern. Je weiter vom

Meere, desto größere Differenzen der Temperatur. — Sandiger und kalkiger Boden bewirkt größere, Lehm- und Thonboden, sowie Sumpf und Wald, geringere Differenzen. — Die Ostküsten der großen Kontinente zeigen beträchtlich größere Differenzen als die der Breite nach ihnen entsprechenden Westküsten.

Die höhere Lage eines Landes vermindert in etwas die Temperaturdifferenzen; auf Berggipfeln ist sie beträchtlich geringer als im Thal und der Ebene. An der Erdoberfläche sind Temperaturdifferenzen größer als über und unter derselben; in einer Tiefe von 80 Fuß hören die jährlichen Temperaturdifferenzen gänzlich auf.

Das im Vorstehenden über die jährlichen Differenzen Aufgestellte gilt von den täglichen nicht ohne Einschränkung. Nur was über den Gegensatz von Ocean und Kontinent, von Tiefen und Höhen gesagt ist, kann auch hier angewandt werden. Dagegen zeigt sich nicht, daß den Tropengegenden im Allgemeinen ein geringerer Gegensatz von Nacht und Tag zukomme als höheren Breiten; und in sehr hohen ist er entschieden geringer als in mittleren. Im Frühling und Sommer ist er größer als im Herbst und Winter; das Maximum der täglichen Differenzen gehört etwa dem Anfang des Juni, das Minimum der Mitte des Dezembers an. In 4 Fuß Tiefe hören bereits die täglichen Unterschiede der Wärme auf.

Die unregelmäßigen Anomalien sind dagegen im Winter größer als im Sommer. Auf der ganzen Erde sind die Sommer einander viel ähnlicher als die Winter, sowohl wenn man sie nach Klimaten, als nach Jahrgängen zusammenstellt.

§. 98.

Wenn man sämmtliche, möglichst oft innerhalb 24 Stunden angestellten Beobachtungen durch eine Kurve verbindet, in welcher der Gefrierpunkt die konstante Grundlinie bildet; von dieser ab die Kurve quadrirt und durch die verflossene Zeit dividirt, so erhält man die Mitteltemperatur dieser 24 Stunden, also des vollen Tages. Näherungsweise kann man dieß Resultat auch durch Summation der täglichen (durch gleiche Zeiträume von einander getrennten) Beobachtungen und Division durch die Anzahl derselben erhalten. Selbst nur zwei, zu gleichnamigen Stunden angestellte, tägliche Beobachtungen geben nach Humboldt ein Resultat, welches nicht um $1/2$ Grad von der mittleren Temperatur des Tages verschieden ist.

Die Summation sämmtlicher Tagesmittel eines Monats, Jahres u. s. w. und Division durch ihre Anzahl gibt sodann auf ähnliche Weise die Mitteltemperatur dieser größeren Zeiträume.

Wenn man Orte, welche die gleiche Mitteltemperatur haben (bei denen, die in beträchtlicher Höhe über dem Meere liegen, muß man eine Reduktion wegen dieser Höhe vornehmen, worüber weiter unten) auf der Karte mit einander verbindet, so erhält man die sogenannten isothermen Linien, welche Humboldt zuerst in die Geographie eingeführt hat. Sie sind keineswegs mit den Parallelkreisen des Aequators gleichlaufend, sondern vielfach gekrümmt, am meisten in den mittleren Breiten. Von den Westküsten, wo sie am höchsten hinaufbiegen, senken sie sich gegen die Mitte und noch mehr gegen den Osten der Kontinente hinab und erheben sich von den Ostküsten an wieder höher. Ebenso liegen in den mittleren Breiten

die um gleiche Temperaturdifferenzen von einander abstehenden Kurven weit näher zusammen als in geringeren oder höheren.

Ebenso liegen diese Kurven keineswegs koncentrisch um die Pole der Rotation, sondern umschließen im Norden der Erde zwei andere Punkte, deren einer nahe mit der Mündung der Lena, der andere mit den neuentdeckten Inseln im Norden Amerikas zusammenfällt. Wie es im Süden der Erde sich damit verhalte, läßt sich noch nicht bestimmen; vermuthlich aber fällt auch hier der Rotationspol nicht mit dem oder den Kältepolen zusammen.

Wollte man die Linien gleicher Sommerwärme (Isotheren) und die gleicher Winterkälte (Isochimonen) mit einander verbinden, so würden sich noch größere Abweichungen ergeben. Die Isothere von Moskau z. B. durchschneidet das nördliche Italien; die Isochimone dagegen Lappland. Der Sommer von Irkutzk ist so warm als der von Wien, der Winter dieses Ortes hingegen findet kaum irgendwo auf der Erde seines Gleichen an Dauer und Intensität.

Ebenso würde man, wenn man für beide Liniensysteme gleiche Temperaturdifferenzen von einer bis zur andern setzte, ungleich mehr Winter- als Sommerlinien ziehen müssen, erstere etwa von + 28° bis — 25°, letztere von + 30° bis + 10°.

§. 99.

Von der meeresgleichen Oberfläche an nimmt die Mitteltemperatur nach oben etwa um 1 Grad für 600 Fuß ab; doch sind hier sehr große Ausnahmen zu beachten. Die Abnahme nach oben ist im Sommer viel rascher als im Winter, sowie am Tage rascher als in der Nacht. Ja

an kalten und heitern Wintermorgen ist es in der Tiefe kälter als auf mäßigen Höhen von 1000 — 1500 Fuß und erst auf Hochgipfeln wird die gewöhnliche Differenz merklich, während im Sommer, zumal Mittags und Nachmittags, schon ein hohes Gebäude den Unterschied erkennen läßt. Dieß hängt nothwendig mit der oben gemachten Bemerkung zusammen, daß in größern Höhen der Jahres- wie der Tageszeiten-Unterschied geringer wird und endlich (wie unter der Erdoberfläche) ganz aufhören muß.

Von der Oberfläche nach innen zu nimmt dagegen die Mitteltemperatur schon bei 100 Fuß um 1 Grad zu und zwar ist hier nicht, wie bei der Abnahme nach oben, bloß die meeresgleiche Oberfläche zu verstehen, sondern es gilt allgemein von jeder Lokalität. Hat der Gipfel eines 2000 Fuß hohen Berges die Temperatur + 4 und an seinem Fuße herrscht eine von + 8, so wird im Innern des Berges in einer Tiefe, die mit dem Fuße in gleichem Niveau liegt, die Temperatur $+ 4 + \frac{2000}{100} = + 24^{0}$ seyn. Bei Höhen von 8 — 10000 Fuß kann daher die Hitze in Tiefen, die selbst noch über dem Niveau des Thales liegen, gar wohl den Siedgrad des Wassers erreichen, woher die heißen Quellen zu erklären sind.

§. 100.

Es ist leicht zu erachten, daß die von unsern Erfahrungen (die aufs höchste bis 1 Meile hoch und 2000 Fuß tief sich erstrecken) abstrahirten Regeln nicht bis ins tiefste Innere der Erde gelten können, eben so wenig als die aus dem Mariotteschen Gesetz folgenden ungeheuren Luftdichtigkeiten. Berechnete man z. B. die Wärme des Erdcentrums

nach obiger Formel, so hat man $859 . \frac{22842}{100} = 196327$ Grad, und für die Luftdichtigkeit findet sich gar eine Zahl von 170 Ziffern. Das eine wie das andre ist undenkbar und hebt sich sogar gegenseitig auf; wir können daher das Gesetz nur für die von uns erreichbaren Tiefen gelten lassen. — Auch haben bestimmte Erfahrungen bereits gezeigt, daß verschiedene Erd- und Steinarten einen sehr verschiedenen Koefficienten der Wärmezunahme nach Innen bedingen.

Ebenso ist nun auch leicht einzusehen, daß nach oben hin die Abnahme von 1 Grad für 600 Fuß nicht bis in die unbegrenzten Welträume hinein anwendbar sey. In einer gewissen, von uns noch nicht bestimmbaren Höhe wird vielmehr eine Jahr aus, Jahr ein konstante Kälte herrschen, welche nach oben hin nicht weiter abnimmt. Fourier und Svanberg haben versucht, aus den auf hohen Bergen und bei Luftreisen gemachten Erfahrungen ein nicht auf die Abnahme eines gleichförmigen Kälterwerdens basirtes Gesetz abzuleiten, und sie finden — 40° als Kälte des W e l t r a u m e s. Diese Kälte wird auch der A t m o s p h ä r e eine Grenze setzen, welche ihr, wenn das Mariottesche Gesetz durchaus gültig bliebe, gar nicht zukäme, indem sie dann, unendlich verdünnt, sich auch ins Unendliche erstrecken müßte. Die wahrscheinlichste Höhe der Atmosphäre ist etwa 12 geographische Meilen.

§. 101.

Da man nun in jedem Klima der Erde nach der Höhe zu einen Punkt finden muß, in welchem auch im Sommer der Gefrierpunkt des Wassers nicht mehr überschritten wird, so folgt, daß wenn ein Berg in diese Höhe hineinragt, sein Gipfel sämmtliche Niederschläge als Schnee erhalten,

und dieser Schnee auch nie schmelzen werde. Letzteres wird sogar in Höhen, wo die Sommerwärme noch etwas über Null steigt, der Fall seyn müssen, bis zu dem Punkte herab, wo die Sommerwärme hinreichend ist, die Schneewasser des Winters zu schmelzen. Diese Schneegrenze liegt nun begreiflich am Aequator höher hinauf als nach den Polen zu.

Man hat die Grenze des ewigen Schnees erfahrungsgemäß zu bestimmen versucht, allein ein genaues Gesetz läßt sich aus diesen Erfahrungen nicht ableiten, da die Höhe des Fußes, die Gestalt und innere Struktur der Berge, die Lage gegen das Meer und dgl. sehr bedeutend einwirken. Auch fehlen in sehr vielen Erdgegenden solche Berge gänzlich, z. B. zwischen den Alpen und den norwegischen Kiölen in Europa.

Am Aequator in den peruanischen Anden hat man sie in 14800 Fuß Höhe gefunden; im Himalayagebirge von 12000 (am Südabhange) bis zu 16000 (am nördlichen).

Man sollte zwar das Gegentheil vermuthen, eine geringere Höhe der Schneegrenze am Nordabhange und eine größere am südlichen, wie es sich auch z. B. in den Alpen und Pyrenäen wirklich zeigt, allein die besondere Lage (im Norden das höchste Plateau der ganzen Erde, Tibet, im Süden das indische Tiefland) erklären die Anomalie hinreichend. In Mexiko ist die Schneegrenze bei 14000 Fuß, in den Pyrenäen bei 9200, in den Alpen bei 7800 bis 8400, in dem nahe gleichliegenden Kaukasus ist sie fast 9000. Unter dem 60. Grad zeigt sie sich in Schweden und Norwegen bei 5000, unter dem 70. theils bei 3300, theils schon bei 2400 Fuß.

Ob sie irgendwo bis zur Meeresfläche hinabsinke, wie man es sonst für die hochnordischen Gegenden annahm, ist

zweifelhaft und selbst unwahrscheinlich. Die Mitteltemperatur der Gegenden entscheidet nämlich über die Schneegrenze nichts, sondern nur die Sommerwärme, und einigermaßen auch die Masse des Winterschnees.

Man sieht leicht ein, daß auf die Kälte des Winters hierbei gar nichts, und nur auf die Dauer desselben, insofern dadurch die Masse des Schnees größer wird, etwas ankommt. Das Verhältniß der im Winter angesammelten Schneemassen zur Wärme im höchsten Sommer entscheidet hier. Stehen beide so im Gleichgewicht, daß letztere gerade noch hinreicht, die erstere zu schmelzen, so bildet sich an diesem Punkte die Schneegrenze. Das Innere Sibiriens ist der Mitteltemperatur nach ganz ungleich kälter als das europäische Nordkap, gleichwohl liegt in Sibirien die Schneegrenze höher, weil seine Sommer bedeutend wärmer sind.

§. 102.

Wenn aber auch gleich die Schneegrenze für ein gegebenes Gebirg aus den speciellen Temperaturverhältnissen der einzelnen Jahreszeiten sich im Allgemeinen bestimmen lassen dürfte, so würde man doch sehr irren, wenn man dieß Resultat auf jede einzelne Lokalität desselben ausdehnen wollte. Die Bestandtheile der Oberfläche wie die Gestalt des Berges bewirken Differenzen, die auf mehrere tausend Fuß gehen können. Die äußersten Gipfel solcher Berge, die nicht weit in die allgemeine Schneegrenze hineinragen, werden oft schneefrei, während an den oberen Abhängen, zumal auf der Mitternachtsseite, sich der Schnee erhält. Enge Schluchten, wo er sich stärker anhäuft, bewahren ihn länger als steile Hänge, wo ihn der Wind entführt. Baer sah in Novaja Semlja in der Gegend

von Matotschkin Schar, zwei Berge von beiläufig gleicher Höhe (3000 Fuß) nahe bei einander, von denen der eine ganz mit Schnee bedeckt, der andere frei war.

Der ewige Schnee der Hochgebirge ist nicht locker, wie der Winterschnee in unsern Ebenen, sondern an Festigkeit dem Eise nahe kommend, und nur die oberste Schichte mehr schneeartig. Saussure hatte auf dem Montblanc große Anstrengung nöthig, einen Stock in den Schnee fest zu stecken. Seine Tiefe ist so gut als unmeßbar und nur die großen Risse, die dem Wanderer so gefährlich sind, geben einigen Anhalt; man schätzt sie in einzelnen Fällen auf 2 — 300 Fuß.

§. 103.

Die allgemeinste Form der atmosphärischen Niederschläge ist der Regen, der in einigen Gegenden der Erde bestimmt periodisch, in andern unregelmäßig zu allen Jahreszeiten, wo die Temperatur nicht zu tief steht, herabfällt. Die periodischen Regen sind fast allen tropischen Gegenden eigenthümlich. Sie fallen um die Jahreszeit, wann die Sonne am höchsten steht, und da dieß zweimal im Jahr geschieht, so können da, wo diese Maxima der Sonnenhöhe nicht zu nahe an einander fallen, auch zwei Regenzeiten eintreten; was indeß auch noch von vielen andern Lokalumständen abhängt. Die meisten tropischen Gegenden haben entweder nur eine, oder doch eine Haupt- und eine sogenannte kleine Regenzeit. Sie entsteht und verschwindet allmählig. Nachdem mehrere Monate hindurch (in den meisten Gegenden über ein halbes Jahr lang) der Himmel ganz heiter und ein Tag dem andern gleich war, bemerkt man ein leichtes Gewölk am Horizont, was sich kurz vor Sonnenuntergang zeigt. Es wird mit jedem Tage

stärker, steigt höher und zeigt einzelne Blitze, bis es sich endlich in einem großtropfigen Gewitterregen entladet, der von nun an fast täglich fällt, bis nach Verlauf einiger Monate das Phänomen sich eben so verliert, wie es gekommen war. Die Regen fallen Nachmittags gewöhnlich um dieselbe Stunde, und die Geschäfte und Lebensweise der Länder, wo diese Regelmäßigkeit stattfindet, sind genau darnach normirt.

Indeß finden hierin sehr bedeutende lokale Verschiedenheiten statt. Während am Maranhon Gegenden gefunden werden, die zehn Regenmonate und zwei trockene haben, gibt es andere Striche, wo es ein oder nur erst nach mehreren Jahren einmal regnet, und die Pflanzen nur durch den nächtlichen Thau erhalten werden. Feine Nebelregen, wie sie in höhern Breiten so häufig sind, kennt man unter den Tropen so gut als gar nicht; und die Heiterkeit des Himmels außer der Regenzeit ist so anhaltend, daß in einigen Gegenden Amerikas ein Erdbeben weniger Aufsehen erregt als eine Wolke in der trockenen Jahreszeit.

§. 104.

Außerhalb der Tropen, in den diesen benachbarten Gegenden, verliert sich dieß Verhältniß allmählig. In dem Maße nämlich, wie der Gegensatz zwischen Sommer und Winter sich bemerklich macht, verschwindet der zwischen trockner und Regenzeit im obigen Sinne. Es fallen dann im Gegentheil die meisten Regen im Herbst und Winter, während das Frühjahr wenig und der Sommer fast gar keinen Regen zeigt. Weiter nach den Polen hin zeigen sich zwei Maxima des Regens im Herbst und Frühling, wogegen der Winter weniger und der (kürzere) Sommer ebenfalls weniger Regen zeigt. Endlich in noch höhern Breiten

rücken die beiden Maxima des Regens einander näher und bilden zuletzt ein Maximum des Regens im Sommer (im nördlichen Deutschland Juli und August).

Die Masse des jährlichen Regens würde, wenn sie weder verdünstete noch abflösse, die Oberfläche etwa 28 Zoll hoch bedecken. Setzt man die durchschnittliche Tiefe der Meere 4000 Fuß und nimmt die Oberfläche der Meere zu 0,73 der Erdoberfläche an, so folgt, daß erst im Laufe von 12½ Jahrhunderten eine der Gesammtmasse des Meeres gleiche Quantität Wasser als Regen niederfällt. Diese 28 Zoll sind aber höchst ungleich vertheilt. Während in mehreren Gegenden Westindiens 100 — 120 Zoll, ja an einem Punkte Hindostans bis 300 Zoll Regen jährlich fallen, erreicht in andern, selbst außer den Tropen gelegenen Ländern, die Regenmenge nur 2—3 Zoll, und innerhalb der Tropen sinkt sie, z. B. in einigen Gegenden Nubiens, auf Null herab.

§. 105.

Der Wind ist eine dem Gefühl merkliche Bewegung der Luft. Er wird nach den Weltgegenden, von denen er herkommt, als Nord, Ost, Süd, West, ferner als Nordost, Südost u. s. w. bezeichnet; der Schiffer, dem die genaue Kenntniß und Benutzung der Windrichtung wichtig ist, bezeichnet zweiunddreißig verschiedene Richtungen, indem er zwischen den Hauptwinden fortwährend interpolirt, so daß z. B. von Nord bis Ost folgende Winde gezählt werden:

Nord, Nord gen Ost, Nordnordost, Nordost gen Nord,
N, NgO, NNO, NOgN,
Nordost, Nordost gen Ost, Ostnordost, Ost gen Nord, Ost.
N.O, NOgO, ONO, OgN, O,

so daß für jeden Windstrich ein Spielraum von 11¼ Graden bleibt. Einfacher wäre es, die Winde nach dem Grade des

Azimuths, aus welchem sie wehen, also bloß durch eine Zahl zu bezeichnen.

Nach ihrer Stärke unterscheidet man sie als sanfte Winde, steife Winde (ein Schifferausdruck), Stürme und Orkane. In den meteorologischen Tabellen pflegt man sie durch Zahlen zu bezeichnen, z. B.

0 = Windstille.

1 = sanfter Wind, der nur Blätter bewegt und dem Rauche eine von der senkrechten Linie abweichende Richtung gibt.

2 = dem Gefühle unmittelbar bemerkbarer Wind, der Zweige bewegt und leichte Körper fortführt.

3 = stärkerer Wind, der Aeste schüttelt und im Wasser Wellen erregt (der steife Wind).

4 = Sturm. Er veranlaßt ein Geheul in der Luft; es fällt schwer, gegen ihn zu gehen; er kann schwache Bäume knicken.

5 = starker Sturm. Er entwurzelt starke Bäume, richtet Schaden an Gebäuden an, setzt Menschen in Gefahr, niedergeworfen zu werden, versenkt und zertrümmert Schiffe.

6 = Orkane. Er zerstört fast alles, was er trifft, selbst die Gestalt des Bodens, seine Begrenzung gegen das Meer u. s. w. kann durch ihn verändert werden; ihm entgegen zu gehen ist unmöglich.

Die Geschwindigkeiten, welche diesen Windgraden zukommen, sind beiläufig folgende:

1) = 5 Fuß in einer Sekunde,
2) = 15 " " " "
3) = 25 " " " "
4) = 40 " " " "
5) = 60 " " " "
6) = 80—120 Fuß in einer Sekunde.

Wenn eine beträchtliche Geschwindigkeit des Windes von 25—30 Fuß nur einige Sekunden anhält, und sodann wieder in 1 oder 2 übergeht, so nennt man dieß einen Windstoß.

§. 106.

Um die Beobachtungen des Windes, wenn sie einen gewissen Zeitraum umfassen, auf ein mittleres Resultat zu bringen, sind zwei Verfahrungsarten vorgeschlagen und angewandt worden. Die erste von Lambert aufgestellte besteht in einer Untersuchung derjenigen Richtung, welche ein von allen Winden des zu berechnenden Zeitraumes (ihre Stärke durchschnittlich gleich gesetzt) nach einander bewegter Körper am Ende des Zeitraumes, als Resultat sämmtlicher Bewegungen, genommen haben würde, und der Länge des von diesem Körper in jener Richtung zurückgelegten Weges.

Man stelle sich vor, es wehten den ganzen Zeitraum hindurch nur Ostwinde von gleicher Stärke, so würde der bewegte Körper eine nach W gerichtete und der Länge der Zeit proportionale Bewegung gemacht haben. Jeder Westwind würde (in Beziehung auf diese Richtung) negativ wirken, ein Westwind also einen Ostwind aufheben. Nord- und Südwinde wären neutrale, die Zwischenrichtungen würden im Verhältniß des Cosinus desjenigen Winkels, den sie mit der Ostrichtung machen, wirken. Ein ähnliches Verfahren läßt sich nun auf die Nord - - Südrichtung anwenden. Man mache also

$$A = O - W + \frac{NO + NO - NW - SW}{\sqrt{2}}$$

$$B = N - S + \frac{NO + NW - SO - SW}{\sqrt{2}}$$

so hat man, wenn nur acht Richtungen beobachtet sind,

und O, W u. s. w. die Zahl der beobachtenden Ost-, West- u. s. w. Winde, so wie n die Zahl sämmtlicher Winde bezeichnet.

$$A = mn \sin. \varphi$$

$$B = mn \cos. \varphi$$

wo φ die Richtung des Hauptwindes, von N durch O gezählt, und m sein Uebergewicht (die Zahl sämmtlicher Winde als Einheit gesetzt) angibt.

Hat man 16 Winde beobachtet, so sind die beiden ersten Formeln folgende:

$$A = O - W + \frac{NO + SO - NW - SW}{\sqrt{2}} + (ONO + OSO - WNW - WSW) \sin. 66\tfrac{1}{2}^\circ + (NNO + SSO - NNW - SSW) \sin. 22\tfrac{1}{2}^\circ.$$

$$B = N - S + \frac{NO + NW - SO - SW}{\sqrt{2}} + (NNO + NNW - SSO - SSW) \sin. 66\tfrac{1}{2}^\circ + (ONO + WNW - OSO - WSW) \sin. 22\tfrac{1}{2}^\circ.$$

Die beiden Schlußformeln bleiben unverändert dieselben.

Ein Beispiel dieses Verfahrens mögen die in Dorpat vom Dezember 1840 bis Mai 1841 während sechs Monaten, dreimal täglich, angestellten Beobachtungen der Windrichtung geben. Es wurde beobachtet (9^h, 3^h, 9^h)

		O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.	N.	NO.	Summe.
Dec.	1840.	10	16	7	9	22	15	2	12	93
Jan.	1841.	20	29	4	17	12	2	4	5	93
Febr.	„	6	17	19	15	18	1	5	3	84
März	„	2	19	11	18	24	10	6	3	93
April	„	14	10	18	10	14	10	5	9	90
Mai	„	16	13	4	7	29	16	6	2	93
also im Winter		36	62	30	41	52	18	11	20	270
im Frühling		32	42	33	35	67	36	17	14	276

Man hat demnach für die Beobachtungen des Winters

$$A = 36 - 52 + \frac{20 + 62 - 18 - 41}{\sqrt{2}} = -16 + \frac{13}{\sqrt{2}} = -6{,}8 = 270\, m \sin. \varphi.$$

$$B = 11 - 30 + \frac{20 + 18 - 41 - 62}{\sqrt{2}} = -19 - \frac{65}{\sqrt{2}} = -65{,}0 = 270\, m \cos. \varphi.$$

woraus

$\varphi = 185^\circ\ 51'$ (d. h. Süd mit einer Abweichung von $5^\circ\ 51'$ West) $m = 0{,}242$

für die Richtung des Windes im Winter $18^{40}/_{41}$ in Dorpat gefunden wird.

In gleicher Art ergibt sich für den Frühling (März, April, Mai)

$$A = -45{,}6 = 276\ m\ \sin.\ \varphi$$
$$B = -35{,}2 = 276\ m\ \cos.\ \varphi$$
$$\varphi = 232^\circ\ 20'$$
$$m = 0{,}209$$

und für das ganze Halbjahr

$$A = -52{,}4 = 546\ m\ \sin.\ \varphi$$
$$B = -100{,}2 = 546\ m\ \cos.\ \varphi$$
$$\varphi = 207^\circ\ 36'$$
$$m = 0{,}207$$

§. 107.

Indeß hat diese Art, die Richtung zu berechnen, einen kleinen Mangel: es ist nämlich, allgemein betrachtet, möglich, daß für die Mittelrichtung eine solche gefunden werde, aus der der Wind nicht am häufigsten, ja vielleicht selten oder nie geweht hat. Für den Fall der völligen oder nahe gleichen Aufhebung der gesammten Winde (wenn m sehr klein oder Null wird) bleibt φ gänzlich unbestimmt, und doch kann dieß Resultat auf sehr verschiedene Weise entstanden seyn. Man verbinde daher mit dieser Art, das mittlere Resultat zu ziehen, noch eine zweite und untersuche das Verhältniß der nördlichen zu den südlichen, so wie der östlichen zu den westlichen Winden. Dabei sind unter nördlichen alle zwischen O und W (diese selbst ausgenommen) aus der Nordhälfte der Windrose wehenden, unter östlichen

alle zwischen N und S aus der Osthälfte kommenden u. s. w. zu verstehen. Strenger wäre es, von den Nebenwinden nicht die direkten Beobachtungszahlen, sondern nur deren Produkt in den Cos. des Winkels, den sie mit dem Hauptwinde machen, in Rechnung zu ziehen.

Man erhält auf diese Weise, wenn (N) die Winde der Nordhälfte, (O) die der Osthälfte u. s. w. bezeichnet, für den obigen Zeitraum in Dorpat:

1. Winter (N) = 49; (S) = 133; (O) = 118; (W) = 111;
   also (N) : (S) = 1 : 2,71; (O) : (W) = 1 : 0,94
   Frühling. (N) = 67; (S) = 110; (O) = 88; (W) = 138
   also (N) : (S) = 1 : 1,64; (O) : (W) = 1 : 1,57.

Wenden wir das strengere Verfahren an, so erhalten wir

2. Winter. (N) = 38,0; (S) = 102,8; (O) = 94,0; (W) = 93,7
   also (N) : (S) = 1 : 2,705; (O) : (W) = 1 : 0,997
   Frühling. (N) = 52,4; (S) = 87,4; 0 = 71,6; (W) = 117,2
   also (N) : (S) = 1,67; (O) : (W) = 1,64.

Man sieht, daß das genäherte Verfahren in (1) nahe dieselben Resultate gibt wie das strengere in (2); und hierzu kommt, daß das letztere doch nur dann in jeder Beziehung mathematisch streng genannt werden könnte, wenn die Winde einzeln nach den Graden des Azimuths, nicht nach den vulgären allgemeinen Bezeichnungen, beobachtet worden wären. Ueberdieß aber müßte man die Stärke eines jeden Windes, am passendsten durch das Maß der Bewegung in einer Sekunde, in Betracht ziehen, eine Bemerkung, die auch die Lambertische Regel trifft.

Anmerkung. Einige Physiker nennen das, was wir oben durch m bezeichnet haben, die quantitativen Resultate sämmtlicher Winde in ihrem Verhältniß nur Anzahl derselben, die Stärke des Hauptwindes. Da wir unter Stärke

des Windes in der Regel etwas Anderes verstehen, was hier (wenigstens in allen bisherigen Anwendungen der Lambertischen Formel) gar nicht beachtet wird, so scheint der Ausdruck Uebergewicht für die hier durch m bezeichnete Größe passender zu seyn.

§. 108.

Die Ursachen der Winde können sehr mannigfaltig seyn, denn da jede Veränderung der Wärme, ja schon jede beträchtliche Feuersbrunst, einen Wind erregen muß, so hätte man sich weit mehr über die Windstillen als die Winde zu wundern und kann annehmen, daß eine absolute Windstille eigentlich nie und nirgend auf der Erde stattfinde. Indeß reicht weder die Verschiedenheit der Wärme, noch die des barometrisch zu bestimmenden Luftdrucks aus, einen andern als sehr mäßigen Wind zu erklären, und doch finden wir gerade in den Gegenden, wo beide Variationen nur gering sind, die heftigsten Orkane. Es bleibt also nichts übrig, als anzunehmen, daß plötzliche chemische Veränderungen, elektrische Entladungen oder andre noch ganz unbekannte Vorgänge in der Luft die meisten, besonders unregelmäßigen Winde erregen, und daß sie öfter Ursach als Wirkung des veränderten Luftdrucks und der verschiedenen Temperatur sind.

§. 109.

In der heißen Zone weht in der Regel ein beständiger Ostwind. Man hatte zur Erklärung desselben angenommen, die Luft folge der Rotation der Erde nicht völlig, sondern bleibe etwas zurück, und diese relativ langsamere Bewegung von W nach O erscheine folglich demjenigen, der sich die Erde ruhend denkt, als eine relative von O nach W.

Wenn nun auch diese Erklärung mit der Thatsache selbst gut übereinstimmt, so genügt sie doch allein nicht, denn die Luftmasse ist ein Theil der Erde selbst und müßte, auch angenommen daß sie Anfangs nicht die Rotationsgeschwindigkeit der letztern gehabt hätte, diese letztere längst bekommen haben, da zwischen beiden fortwährend Reibung existirt.

Die Erwärmung unter dem Aequator, welche in der Regel die zu beiden Seiten desselben nach N und S hin statt findende übertrifft, veranlaßt ein Aufsteigen der wärmern Luft und ein Zuströmen der kälteren (dichteren) von N und S her. Allein diese beiden Windströme gelangen nicht als reiner N und S zum Aequator, sondern in Folge des geringern Rotationsschwunges, den sie aus höhern Breiten mitbringen, wird ihre Richtung im NO und SO verwandelt, ganz wie es der Fall mit den Polarströmungen im Ocean ist (§. 72). Beide letztern Richtungen aber müssen vereinigt einen Ostwind erzeugen in dem Punkte, wo sie einander das Gleichgewicht halten, während zu beiden Seiten des Aequators, im nördlichen Theile der heißen Zone ein Nordost, im südlichen ein Südost vorherrscht. Aber es finden selbst in der Nähe des Aequators neben diesem allgemeinen Oststrome noch andre Luftbewegungen statt, die nach Jahres- und Tageszeiten veränderlich sind, abgesehen von den ganz unregelmäßigen.

An allen Küsten bemerkt man nämlich einen Wechsel von Land- und Seewind. Wenn die Sonne eine Ufergegend erwärmt, so nimmt das Land in viel stärkerem Maße an dieser Erwärmung Antheil als das Wasser, welches die Wärme Behufs der Verdunstung absorbirt. Deßhalb wird die dichtere Luft über dem Wasser nach der dünneren über dem Lande hinströmen. In der Nacht kühlt sich dagegen

das Land mehr ab als das Wasser, und es muß der umgekehrte Strom eintreten. So ist in allen tropischen Gegenden des Nachts (und gewöhnlich bis 9 Uhr Morgens) Landwind und am Tage Seewind, der auch noch einige Zeit nach Sonnenuntergang fortdauert. Selbst die kleineren Inseln zeigen dieß Phänomen.

§. 110.

Im atlantischen wie im großen Ocean wird die östliche Richtung des Windes allgemein wahrgenommen, und zwar noch etwas über die Grenzen der Tropen hinaus. Auf sie folgt eine Region der Calmen (Windstillen oder unbestimmter Winde) und sodann in höhern Breiten der Westwind. Dieser besteht auch unter dem Aequator, aber nur in den obern Gegenden der Atmosphäre; Ost- und Westwind folgen in vertikaler Richtung aufeinander, und die Grenze zwischen beiden liegt vielleicht 6—8000 Fuß hoch. Allmählig in höhern Breiten senkt sie sich und erreicht zuletzt die Erdfläche. Von da ab also müssen Westwinde herrschen, die aber an Regelmäßigkeit den Ostwinden des Aequators bedeutend nachstehen.

Im indischen Ocean erleidet der Ostwind bedeutende Modifikationen durch den Umstand, daß dieses Meer nicht, wie die beiden andern, fast ungehemmt von S nach N durchgeht, sondern durch vorliegendes Land gegen N und W völlig abgeschlossen ist.

Vom südlichen Wendekreise bis beiläufig zum 18.° südlicher Breite herrschen noch die Ostwinde, von da ab nordwärts aber hat man vom Oktober bis zum April an der Südseite des Aequators einen Nordwest-, und an der Nordseite einen Nordostwind, wogegen vom April bis Oktober zu beiden Seiten des Aequators der Südwest herrscht.

Diese dem indischen Meere eigenthümlich regelmäßig wechselnden Winde nennt man Monsoons, während der regelmäßige Ostwind unter dem Namen Passat bekannt ist. Die Monsoons üben auf die Jahreszeitenfolge der indischen Halbinsel und Ceylons einen entscheidenden Einfluß. Die nach Westsüdwest gerichtete Malabarküste, sowie die Westseite Ceylons haben von April bis Oktober Seewind, der sich an den von S nach N der Küste fast parallel streichenden Gebirgen der Ghats, Nilgherri's und des Adamspik bricht und den diesseits gelegenen Strichen seine Feuchtigkeit mittheilt. So herrscht an der Westseite der Gebirge Regenzeit, während jenseit derselben die glühendste trockene Hitze Statt findet. Im zweiten Halbjahre vom Oktober bis April wird der Seewind der östlichen- oder Coromandelküste Hindostans zu Theil, und alsdann hat alles Land bis zu den Gebirgen hin auf dieser Seite Regenzeit, während drüben im W trockene Zeit herrscht, die indeß an Hitze jener im O herrschenden nachsteht, da das Land hier eine viel geringere Breite hat. Dieser Wind verändert auch den Kurs der Schiffe, denn während des allgemeinen SW können die von Indien nach Europa segelnden Schiffe nicht wohl auf dem nächsten Wege fahren, sondern sie müssen erst auf einem südöstlichen Umwege die Region der Passate zu erreichen suchen, um von diesen nach dem Kap geführt zu werden; und zu ähnlichen Umwegen sind in der andern Hälfte des Jahres die von Europa nach Indien segelnden Schiffe genöthigt.

§. 111.

In den vorstehenden Betrachtungen haben wir uns hauptsächlich nur mit der äußeren Gestaltung des Flüssigen

und Festen, wie der Erdkörper sie uns gegenwärtig zeigt, beschäftigt, und auf die Veränderungen derselben, sowie die inneren Bestandtheile und Mischungsverhältnisse, keine besondere Rücksicht genommen. Es ist aber zur Vervollständigung des Gesammtbildes unseres Planeten nothwendig, auch geologische und geognostische Betrachtungen mit in unsern Kreis zu ziehen; und wir müssen demnach hier zunächst der Vulkane gedenken, welche bei der Ausbildung der Erdoberfläche, wenn nicht die Haupt- doch jedenfalls eine sehr bedeutende Rolle spielen.

Die eigentlichen Vulkane sind Berge von ziemlich regelmäßiger Kegelform, sowohl in größeren Gebirgsketten als auch isolirt vorkommend. Auf ihrem Gipfel ist ein Krater eingesenkt, der mit unterirdischen Höhlungen in Verbindung stehen muß und gleichsam deren Esse bildet.

Diese Krater sind rundlich und von sehr verschiedenem Durchmesser, von 40 und 50 bis zu 4000 Fuß. Zuweilen erhebt sich im Grunde des Kraters erst ein Berg und in diesem öffnet sich sodann der eigentliche Krater. Eben so ist auch die Höhe der Vulkane überaus verschieden, und die Gewaltsamkeit ihrer Ausbrüche steht keineswegs im Verhältniß zu dieser Höhe. Selbst auf dem Grunde des Meeres scheinen Vulkane vorzukommen, die freilich in ihren Ausbrüchen sich ganz verschieden von denen des Landes äußern müssen.

Diese Ausbrüche, die sich bei den noch jetzt thätigen Vulkanen nach unbestimmten Zeiträumen wiederholen, bestehen in einem gewaltsamen Hervorbrechen großer Feuermassen (brennendem Wasserstoffgas), Steinen und geschmolzener Materien (Laven) verschiedener Struktur, endlich auch von Schlamm und Wasser, alles im erhitzten Zustande.

Im Inneren der Andeskette Südamerika's gibt es sogar Berge, welche eine kleine Fischgattung (Prenadilla volcanica) in ungeheurer Menge auswerfen; um andere Vulkane, z. B. die isländischen, finden sich glasartige Schlacken; ein Vulkan in Sicilien (der Maccaluba) wirft Thon aus, der aus unzähligen kleinen Kratern von wenigen Fuß Durchmesser hervorquillt, und so finden sich noch mannichfache Abwechslungen. Die vormals thätigen (ausgebrannten, todten) Vulkane erkennt man nur noch an ihrer Form und den an ihnen und um sie herum aufgehäuften vulkanischen Produkten.

Sie liegen meistens in nicht sehr bedeutender Entfernung vom Meere, sehr häufig auf kleineren und größeren Inseln; und zwar nur wenige ganz isolirt, die meisten in großen Gruppen und Kreisen. Der größte vulkanische Kreis ist der, welcher den großen Ocean umgibt. Von den Vulkanen der Aleuten und Kamtschatka's zieht er sich über die Kurilen nach Japan, das eine große Menge Vulkane enthält, nach China und durch die Inselgruppen des indischen Archipels, wo namentlich die Insel Java 40 Vulkane enthält. Ihre weitere Fortsetzung durch die südlichen Inselgruppen des stillen Meeres läßt sich zwar nicht überall mit Bestimmtheit nachweisen, im Ganzen aber zeigt sie sich in der großen Menge vulkanischer Bildungen in diesen Gegenden, während einzelne Inseln auch noch jetzt thätige Vulkane aufweisen. Bestimmter tritt sie wieder in der Andeskette Südamerika's auf, wo man 24 Hauptvulkane und eine Menge kleinerer zählt, die von der Magelansstraße bis zur Landenge sich fast 1000 Meilen weit forterstrecken. Dann folgen die Vulkane Meriko's, die durch Größe und gewaltsame Wirkungen sich auszeichnen (so hat z. B. der Jorullo auf seinem Gipfel eine Basaltsäule von

mehr als 1000 Fuß Höhe emporgetrieben), die des nördlichen Kaliforniens und andre vereinzelte, noch wenig bekannte Vulkane bis zu denen der Halbinsel Alaska, von deren Spitze die Aleuten anfangen, und mit welcher der Kreis schließt.

Auch noch andere Gegenden Asiens, wie Indien, Persien und Arabien, sowie die Gegenden am schwarzen Meere, enthalten Vulkane; sowie die Inseln des indischen Oceans. Afrika hat auf seinem Festlande verhältnißmäßig wenig Vulkane: von den auf den Inseln ziemlich zahlreich vorkommenden möge hier der weltberühmte Pic de Teyde auf Teneriffa erwähnt werden. Auch Amerika enthält außer den vorhin genannten der großen Andeskette nur wenige vereinzelte Vulkane. In Europa zeigen sich zwei vulkanische Hauptgruppen, die süditalische und die isländische; Spuren früherer vulkanischer Thätigkeit zeigen sich aber noch in mehreren Gegenden.

Der vulkanische Heerd ist übrigens nicht nothwendig ein eigentlicher Berg; auch in Hochebenen z. B. auf Island, öffnen sich Krater und brechen Erdbrände hervor.

§. 112.

Die noch thätigen Vulkane rauchen fast beständig, und man sieht zuweilen des Nachts kleine Flammen ihnen entsteigen, hört auch wohl ein dumpfes Donnern im Innern des Berges, das mit leichten Erschütterungen verbunden ist. Werden diese Phänomene häufiger und stärker, so kann man einen nahe bevorstehenden Ausbruch vermuthen; indeß haben sich auch einige, wie z. B. der des Vesuv im Jahr 1794, welcher die Stadt Torre del Greco zerstörte, so plötzlich gezeigt, daß Niemand auf sie vorbereitet war. Der Feuerausbruch macht gewöhnlich den Anfang,

die Bimssteine, Obsidian und ähnliche Massen folgen ihnen (Stücke von 50 und mehreren Centnern sind nichts Seltenes), hierauf bricht ein Strom Lava (geschmolzene und im glühenden Zustand befindlichen Steine, Erden und Metalle hervor, und dieser ist gewöhnlich das Gefährlichste und Zerstörendste der vulkanischen Ausbrüche. Endlich folgen Schlamm-Massen und ein Strom heißen Wassers. Erdbeben begleiten zuweilen diese Erscheinungen, noch öfter aber hören gerade durch die vulkanischen Ausbrüche die Erdbeben auf, so daß jene wie eine Ableitung für diese zu betrachten sind. Die gewöhnliche Lava ist eine dickflüssige, aus geschmolzenen Steinen und Metallen bestehende Masse, welche sich langsam in großen Schollen fortwälzt, alles Brennbare auf ihrem Wege entzündet und vernichtet und entweder im Lande versiegt oder einen Fluß oder das Meer erreicht. Diese Lavaströme bedecken weite Felder und machen sie auf Jahrhunderte unfruchtbar; endlich aber verwittern sie und gewähren dann eine ungemeine Fruchtbarkeit. Die erhärtete Lava läßt sich zu Geräthen verarbeiten, man bedient sich ihrer zum Bauen und zur Pflasterung der Straßen.

§. 113.

Die bekanntesten Vulkane sind der Vesuv und Aetna, da diese in den klassischen Ländern des Alterthums gelegen, schon sehr früh die Aufmerksamkeit auf sich zogen. Namentlich der letztere spielt eine wichtige Rolle in Griechenlands Mythologie. Unter dem Aetna war die Schmiede Vulkans, und an seinen Flammen zündet Ceres die Fackel an, mit welcher sie ihre Tochter Proserpina aufsucht. Weniger bekannt waren im Alterthume die vulkanischen Erscheinungen der Gegenden um den Kaukasus; von denen

in Island, die uns seit fast einem Jahrtausend sehr gut bekannt sind, wußten sie noch nichts. Die Vulkane Ostasiens, der Inseln des indischen und großen Oceans, sowie die sehr zahlreichen Amerika's, mithin des größten vulkanischen Kreises der Erde, können natürlich erst seit wenigen Jahrhunderten im Allgemeinen bekannt seyn und sind eigentlich erst in neuester Zeit allmählig genauer untersucht worden. Wir werden demnach in der Geschichte der vulkanischen Erscheinungen fast ganz auf die drei europäischen Hauptpunkte Aetna, Vesuv und Hekla beschränkt seyn.

v. Hoff in seiner Geschichte der natürlichen Veränderungen auf der Erdoberfläche gibt uns die folgende synchronistische Uebersicht der beiden ersten Vulkane und derjenigen Erscheinungen, welche sich auf benachbarten Punkten, namentlich den Liparen zutrugen. (Die blos beiläufig bekannten Jahrzahlen sind durch :: bezeichnet.

	Aetna.	Vesuv.	Liparen &c.
	v. Chr. 480. ::		
	" " 427.		
	" " 396. .	. . . . . .	185. Ausbruch in den Aeolischen Inseln.
	" " 140.		
	" " 135.		
	" " 126.		
	" " 122. .	. . . . . .	91. Ausbruch auf Ischia.
	" " 56 ::		
	" " 45 od. 44.		
	" " 36 ::		
	n. Chr. 44.		

	Aetna.	Vesuv.	Liparen rc.
	n. Chr. 72. .	79. Pompeji, Herkulanum u. Stabiä verschüttet.	144. Ausbruch auf Volcano.
	„ „ 251. .	203.	
	„ „ 420. .	512.	
		685.	
	„ „ 812. .	983.	
		1036.	
		1049.	

Von hier ab sind die Data etwas genauer und ausführlicher.

1138	. . . . . .	Vom 29. Mai ab 40 T. lang.	
1169::	(oder 1179; oder 1183) 4. Febr.		
1198	. . . . . .	. . . . . .	Solfatara bei Pazzuoli bricht aus.
	Ein Ausbruch zwischen 1198 und 1250.		
1284	Ausbruch.		
1302	. . . . . .	. . . . . .	Epomeo auf Ischia bricht aus.
1329	28. Juni bis Anf. August.		
1333	Aschenauswurf.		
1408	9—20 Novbr.		
1444	Ausbruch? . .	. . . . . .	5. Feb. Ausbruch auf Volcano.
1446	25. Sept.		
1447	21. Sept.		
1500	. . . . . .	oder 1506.	
1536	23. März bis im April.		

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1537	11. Mai bis Ende Juli.		
1538	. . . . . .	. . . . . .	29. Sept. entsteht der Monte nuovo bei Pazzuoli.
1550	. . . . . .	. . . . .	Ausbruch auf Volcano.
1556	Anfang Nov.		
1587	oder 1589.		
1603	Von hier ab 7 Jahr lang die Erschütterungen wenig unterbrochen.		
1607	Seitenausbruch. Lava fließt drei Tage lang.		
1610	6. Febr. u. 3. Mai neue Seitenausbrüche.		
1614	2. Juli. Neue Spalte aus welcher bis 1624 Lava fließt.		
1619	Ausbruch des oberen Kraters.		
1631	. . . . . .	16. Dez. sehr heftiger Ausbruch mit Bewegungen bis 25. Feb. 1632	
1634	19. und 27. Dez. 2 neue Schlünde, mit Lavaergüssen bis 1638.		

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1646	20. Nov. neuer Seitenausbruch.		
1651	desgleichen im Februar. Unruhig bis 1654.		
1660	. . . . . .	3 neue Schlünde. Ausbruch.	
1669	11. März, heftiger Ausbruch; die Lava erreicht am 23. April Catania und das Meer.		
1682	Sept. etwas Lava.	12. bis 22. Aug. Ausbruch ohne Lava.	
1688	desgl.		
1689	14. März desgl.		
1693	9. und 11. März Dampf aus dem Krater.		
1694	März und Nov. Aschenauswurf.	12. März die Lava fließt über den Krater ab.	
1696	. . . . . .	4. Aug. desgl.	
1697	. . . . . .	15. bis 26. Sept. desgl.	
1698	. . . . .	25. Mai bis 12. Juni desgl.	
1701	. . . . .	1. bis 15. Juli desgl.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1702	8. März bis 8. Mai Lava aus 3 neuen Spalten.		
1704	. . . . . .	Vom 20. Mai an, Bewegungen bis 23. Juli 1706.	
1707	. . . . . .	28. Aug. bis 14. Aug. 1708 Auswürfe.	
1712	. . . . . .	Aschenauswurf 5. bis 25. Febr. Lava 26. Feb.; Bewegungen bis 26. Oktbr.	
1713	. . . . .	Ausbrüche und Lava 13. April bis 25. Mai.	
1714	. . . . . .	Heftige Bewegungen und Lava, 21. bis 30. Juni.	
1718	. . . . .	16. Sept. desgl. Auswürfe bis 9. Juli 1719.	
1720	. . . . . .	7. Mai bis 29. Juli Aschenauswurf.	
1723	Anfang Novemb. Erschüttrungen, Dampf. 23 Nov. Lava; endet am 10. Mai 1724.	25. Juni bis 8. Juli, Lavaerguß ins Thal zwischen Vesuv und Ottajano.	
1724	. . . . .	12. bis 19. Sept. Lava.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1725	. . . . .	16. Jan. desgl.	
1726	. . . . . .	10. April bis Dez. desgl.	
1727	. . . . . .	26. Juli desgl. mit einigen Unterbrechungen bis Mitte 1728 dauernd.	
1730	27. Februar Lavaerguß.		
1732	9. Dez. Ausbruch und Lavaerguß bis Jan. 1733.		
1733	. . . . . .	10. Juli bis 10. Jan. 1734. Lavastrom.	
1735	4. Oktb. Ausbruch, Lavastrom, Unruhig bis Juli 1736.		
1737	. . . . .	14. Mai, großer Ausbruch mit Lavafluß.	
1739	. . . . . .	. . . . . .	4. Mai, Ausbruch auf Volcano.
1744	und 1745; Ausbrüche ohne Lava.		
1747	Sept. Lavaerguß. Bewegungen 7 Jahre lang mit geringen Unterbrechungen.		

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1751	. . . . . .	25. Oktbr. Ausbruch an der Seite des Atrio di Cavallo, Lava bis 9. Nov.	
1754	. . . . . .	2. Dez. Ausbruch aus 2 Spalten, bis 1755. 20 bis 30. Jan. Ausbrüche aus 2 neuen Spalten.	
1755	2. bis 15. März, Lavaerguß aus einer Spalte. Die Bewegungen währen länger.		
1759	April, Lava. Ein Theil des Kraters stürzt ein.		
1760	. . . . . .	23. Dez., großer Ausbruch nahe am Fuße aus 12 Schlünden.	
1763	6. Feb. u. 18. Juni Lava aus neuen Spalten.		
1766	27. April, Ausbruch mit Lava aus einer Spalte über Nicolosi. Bewegungen bis Nov.	28. März bis 9. April; Ausbruch, Lavastrom.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1767	. . . . .	Schon vom März an Bewegungen 20. Oktbr. Ausbruch, Lava, starker Aschenregen.	
1770	. . . . . .	Lava; auch 1771.	
1775	. . . . . .	. . . . . .	Feb. Ausbruch auf Volcano.
1777	. . . . . .	Auswerfen und Lavafluß.	
1778	. . . . . .	22. Sept. Lava.	
1779	. . . . . .	29. Juli bis 26. Aug. Lava aus einer neuen Sp.	
1780	28. Jan., 13. März u. 9. April heftiges Auswerfen. 18. und 25. Mai brechen 3 neue Spalten mit Lava aus.	. . . . . .	Gleichzeitig Ausbruch auf Volcano.
1781	24. April bis Ende Mai starkes Auswerfen.		
1783	. . . . . .	18. Aug. Auswürfe, desgl. Dez. 1784 und 31. Oktbr. 1786.	
1786	. . . . . .	. . . . . .	Volcano wirft aus.
1787	. . . . . .	24. Dez., 19. Juli 1788, 6. Sept. 1789 Auswürfe.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen rc.
1792	März, heftige Bewegungen. 16. Mai, Lavaausfluß. 25. u. 26. Mai und 1. Juni neue Spalten. Auswürfe bis Mai 1793.		
1794	. . . . . .	15. Juni, großer Seitenausbruch. Lava bei Torre del Greco ins Meer.	
1798	Aschenauswurf.		
1799	Juni, Auswerfen von Asche.	Feb. Auswerfen.	
1800	Heftigstes Auswerfen 27. Feb., 4. Mz. u. 15. Mai; Bewegungen bis Mitte 1802.		
1802	15. Nov. Spalte bricht auf. 2 Jahr lang fast unaufhörlich Dampf.	1. Sept., Dampf aus dem Krater.	
1804	. . . . . .	12. Aug. und 22. Nov. kleine Ausbrüche.	
1805	Juli, im obern Krater entsteht durch Auswürfe ein neuer 1050 F. hoher Kegel.	Ausbruch im Juli. Ein Erdbeben in Molise und Benevent geht vorher.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1806	Mehrmals Erneuerungen des Auswerfens.	31. Mai, Krater wirft aus.	
1808	Schwachere wiederholte Ausw.	16. Aug. Dampf.	
1809	27. März, Spalte an der Ostseite mit Lava; Bewegungen bis April.		
1810	. . . . .	10. Dez., kleiner Ausbruch.	
1811	27. Oktb., heftiger Ausbruch; neue Spalten; Bewegungen 6 Monat lang.	31. Dez. bis 5. Jan. 1812. Ausbruch.	
1813	. . . . .	Vom Mai an Auswürfe. 24. Dez. Lava.	
1816	. . . . .	. . . . .	15. Mai Ausbruch auf Tremiti?
1817	. . . . .	20. bis 26. Dez. Ausbruch.	
1818	. . . . .	20. Oktbr., eine Reihe Ausbrüche beginnt und endet Anfang 1820. Die stärksten 7. April und 22. Nov. 1819.	
1819	27. Mai Ausbruch aus 5 Schlünden mit Lavaerguß.		

	Aetna.	Vesuv.	Liparen ꝛc.
1821	. . . . .	7. Oktbr. neue stärkere Bewegungen.	
1822	5. April, leichter Aschenauswurf.	13. bis 20. Febr. Auswerfen. 21. Lava aus einer Spalte. 18. bis 25. Oktb. heftiger Ausbruch mit einer großen Menge Asche.	
1828	. . . . .	14. bis 26. März Auswürfe und Lava. Ende Dez. bis Jan. 1829. Auswerfen.	
1829	. . . . .	Ende Dez. schwaches Auswerfen.	
1830	. . . . .	6. April desgl. Auch 14. bis 16. Dez.	
1831	19. bis 25. Feb. Auswerfen.	20. Sept. bis Mitte Oktbr. Auswürfe und Laven. 22. Dez. desgl.	Juli und Aug. Ausbruch und Bildung der kurze Zeit bestehenden Insel Ferdinandea.
1832	Großer Ausbruch 31. Oktbr. bis 17. Nov. und Lavaerguß nach Bronte zu.	16. Febr. desgl. heftige Bewegungen bis 10. Aug. 15. bis 24. Dez. großer Ausbruch. Lavastr.	

	Aetna.	Vesuv.	Liparen rc.
1833	. . . . .	Juni Bewegungen. 13. Aug. Ausbruch mit Lava.	Mai, Submarine vulkanische Bewegungen an der Stelle der früheren Insel Ferdinandea.

Die Tabelle zeigt, daß beide Berge in der verhältnißmäßigen Häufigkeit ihrer Ausbrüche nach großen Perioden alterniren. So gehen 11 geschichtlich beglaubigte Ausbrüche des Aetna dem ersten vom Vesuv bekannten voraus. Nun ist über ein Jahrtausend hindurch Vesuv weit thätiger als Aetna; mit der Mitte des 11. Jahrhunderts kehrt sich das Verhältniß gänzlich um, so daß im Krater des Vesuv starke Bäume gewurzelt hatten und man den Vesuv schon erloschen glaubte, während der Aetna fast nie ruhig war. Seit 1631, wo ein unerwartet heftiger Ausbruch des Vesuvs erfolgte, und mehr noch seit 1694 hat sich das Verhältniß abermals umgekehrt. Zwar geht Aetna in dieser Zeit nichts weniger als leer aus, allein dies nur, weil man in den letzten Jahrhunderten bei gesteigerter Aufmerksamkeit und wissenschaftlicher Theilnahme die schwächern vulkanischen Phänomene berücksichtigte. In dem angeführten Werke findet sich auch eine chronologische Uebersicht der Eruptionen der isländischen Vulkane. Hier sind die Erscheinungen nicht sowohl häufiger aber mannichfaltiger als die in Neapel und Sicilien. Island hat viele Vulkane, unter denen der Hekla keineswegs so entschieden hervorragt als Vesuv und Aetna unter denen des südlichen Italiens. Es zeigt sich auch in

Island kein deutliches Alterniren der Ausbrüche: einige Male (wie 1340) erumpiren fast alle Vulkane zugleich. Hiezu gesellen sich noch submarine Ausbrüche in der Umgegend, wodurch neue Inseln, wenigstens temporär, entstehen; ferner weitverbreitete und Monate lang andauernde Erdbrände und heftige Erdbeben, die hier viel häufiger als irgendwo in Europa vorkommen und auch durch die vulkanischen Ausbrüche nicht abgeleitet zu werden scheinen. Mehrere Vulkane sind dort erst in neuerer Zeit entstanden, dahin gehört z. B. der sehr unruhige Krabla, der während eines heftigen Erdbebens im Jahre 1724 zum erstenmale ausbrach.* Statt der Lava ergießt sich aus ihm Obsidian. Gewöhnlich lassen sich zu den isländischen Ausbrüchen gleichzeitige in andern Gegenden aufweisen.

Für Europa gilt übrigens durchaus als Regel, daß die höhern Gebirge keine Vulkane tragen. Der Aetna von 10400 Fuß ist ein isolirter Berg, und nach ihm haben die höchsten isländischen noch nicht 5000 Fuß Höhe. In den Pyrenäen finden sich nur wenige, im Hauptstock der Alpen gar keine Spuren vulkanischer Thätigkeit. Letzteres Gebirg scheint vielmehr durch seine gewaltige Masse den Eruptionen und Erdbeben nach Norden hin eine Grenze zu setzen. Denn während an ihrem Südfuße letztere noch ziemlich häufig vorkommen und die Euganeenberge bei Padua, so wie andere Strecken bei Verona, Vicenza und bis an den Gardasee hin deutlich vulkanische Entstehung und Natur verrathen, finden sich nördlicher fast gar keine Erscheinungen dieser Art mehr. Nur von Ungarn her, und längs den Sudeten

* Diejenigen Punkte, wo nur einmal Ausbrüche Statt fanden, und deren sich über 20 aufführen lassen, abgerechnet, hat Island 7 thätige Vulkane Hekla, Krabla, Leirhnukur, Trölladyngaar, Eyafjälla, Kattegiaa, Oeräfa.

und Karpathen hin bis Sachsen und Mecklenburg sich fortpflanzend, sind noch Erschütterungen vorgekommen.

§. 114.

Die eigentlichen Erdbeben sind von innen heraus wirkende Erschütterungen des festen Erdbodens. Von ihnen sind die Erdfälle zu unterscheiden, die zwar auch oft durch Erdbeben entstehen und diese begleiten, aber auch andern Ursachen, z. B. dem Unterwaschen durch das Wasser, zuzuschreiben sind; ebenso die Bergschlipfe (das Herabgleiten einer Masse in die Tiefe) und Bergstürze; denn es ist nicht nothwendig ein Erdbeben anzunehmen, wenn eine Masse ihrer Stütze beraubt wird und das Gleichgewicht verliert.

Die Erscheinungen bei Erdbeben sind sehr mannichfaltig, nicht nur der Stärke und Dauer, sondern auch der Art nach. Man empfindet Bewegungen des festen Bodens, theils wellenförmige, theils rüttelnde oder nach einer bestimmten Richtung stoßende; Zerreißungen des Bodens, theils augenblickliche, theils bleibende, so wie Erhebungen und Senkungen desselben; in Folge dessen Stauungen und Rückwärtslaufen der Flüsse, plötzliche Ergießungen des Meeres über das Land, oder momentane Trockenlegung desselben. Ferner bemerkt man gewöhnlich ein unterirdisches Getöse, ähnlich dem Rollen beladener Wagen auf Steinpflaster oder entferntem Donner. Die Richtung der Magnetnadel wird gestört (auch an entfernten Orten, wohin das eigentliche Erdbeben nicht reicht), das Barometer sinkt und bei Hausthieren und Geflügel zeigen sich Vorempfindungen des Ereignisses in ängstlichen, unruhigen Bewegungen und lautem Geheul.

Die Verbreitung der Erdbeben ist eine sehr allgemeine, und es gibt nicht viele Gegenden, welche niemals dergleichen hatten, wozu noch kommt, daß manche Erdbeben keine Spur in der Geschichte hinterlassen haben mögen. Indeß ist ihre größere Häufigkeit doch auf verhältnißmäßig wenige Erdstriche beschränkt: denn während eine Gegend Jahrhunderte lang frei bleiben kann, wiederholen sie sich in andern fast alljährlich.

Die Erdbebenzone, welche sich von den Azoren bis Syrien über beide Küsten des Mittelmeeres erstreckt und namentlich die Halbinseln und Inseln des letztern begreift, ist historisch am besten bekannt. Mit ihr parallel zieht eine Zone von den Pyrenäen längs den Alpen und bis zum Kaukasus. Asiens Kontinent zeigt drei Erdbebenzonen, die fast parallel von W nach O ziehen; die nördliche von der Uralmündung bis Irkutzk, die mittlere vom Aral bis nach China und die südliche durch die Länder am Himalaya; wozu noch ein mächtiger Bogen, von den Andamanen Inseln durch Sumatra, Java, die Philippinen, Japan, die Kurilen, Kamtschatka und die Aleuten bis zum Festlande Amerika's kommt.

Eine große Erdbebenzone zieht sich von Chili bis an Mexiko's Südgrenze; in Mexiko selbst eine andere von W nach O gerichtete. Durch die Antillen zieht sich eine zuerst ost- und hernach auf das Festland übergehend, südwärts gerichtete Zone; auch unter den Inseln der Südsee zeigen sich mehrere; und Island mit den benachbarten Meeren und Inseln muß gleichfalls hieher gerechnet werden; in der Vorzeit scheint sich diese Zone bis in die brittischen Inseln hinein erstreckt zu haben.

Innerhalb dieser Zonen sind die Erdbeben nicht allein

viel häufiger, sondern auch stärker, andauernder, zerstörender als in andern Gegenden, und die Richtung der Stöße und Erschütterungen folgt fast immer der Streichungslinie dieser Zone.

Vom Erdbeben ganz oder so gut als ganz verschonte Gegenden sind Holland, Norddeutschland, Preußen, Polen, Mittel- und Nordrußland, Nordsibirien, die Strecke von Tripolis bis zum Nildelta, dieses mit einbegriffen; das Kapland, die mittlern Theile der nordamerikanischen Union und die Gegenden um die Platamündung, so wie fast der ganze südliche Theil der Ostküste Südamerika's.

Die Wirkungen heftiger Erdbeben sind im höchsten Grade fürchterlich. Ganze Städte mit allen ihren Bewohnern sind wie im Nu von der Erde verschlungen worden; die festesten Mauern zertrümmerten, Berge entstanden, andere stürzten ein; ja das Klima einiger Gegenden erlitt bedeutende und dauernde Veränderungen, wovon Quito in Südamerika ein Beispiel darbietet.

Eine Chronik der Erdbeben besitzen wir von Berghaus, nach v. Hoffs hinterlassenen Materialien herausgegeben und bis zum Jahre 1794 reichend.* Obgleich in die graueste Vorzeit hinaufsteigend (sie beginnt mit der Noachischen Fluth, die nach dem Verfasser wahrscheinlich mit der Ogygischen und Deukalionischen eine und dieselbe, und nur von der chinesischen unter Jao verschieden ist) wird sie doch erst mit dem fünften Jahrhundert v. Chr. einigermaßen vollständig und detaillirt, da alles Frühere, auch wenn es als Thatsache im Allgemeinen feststeht, doch

* Diese Chronik bildet den vierten Theil des großen v. Hoff'schen Werkes, und soll nach dem Versprechen des Herausgebers bis auf die neueste Zeit fortgesetzt werden.

meistens nicht den Hauptumstand, das Erdbeben, außer Zweifel setzt. Fluthen wie die Noachische, Untergang im Feuer wie der von Sodom, können Folge von Erdbeben gewesen seyn, allein wenn die Geschichte darüber schweigt, und die als historisch zu betrachtende Thatsache andere Erklärungsgründe zuläßt, so bleibt es zweifelhaft in welche Kategorie sie gehören.

Indeß dürfen wir als sehr wahrscheinlich annehmen, daß in den früheren, der ersten Bildungsepoche des Erdkörpers näher stehenden Zeitaltern Erscheinungen dieser Art großartiger, gewaltsamer, weiter verbreitet waren als jetzt. Mehr und mehr nähert sich die Erde einem beruhigten Gleichgewichtszustande; Land und Meer machen einander immer weniger ihre Grenzen streitig, und vulkanische Ausbrüche und Fluthen sind je länger desto mehr als blos lokale Erscheinungen zu betrachten. Von den Erdbeben möchte letzteres freilich weniger gelten, im Allgemeinen aber werden auch sie dem großen Gange der Natur, wie wir ihn bezeichnet, folgen.

Wahrscheinlich gibt es, die ganze Erde zusammengenommen, kein Jahr, ja vielleicht keinen Monat, der ganz von Erderschütterungen frei wäre. Eine Ansicht der angeführten Chronik, in denen die Jahre, in denen keine Erdbeben aufgezeichnet sind, mit der allgemeineren Verbreitung der Buchdruckerkunst fast ganz verschwinden, bestätigt dies. In den letzten 300 Jahren kommen nämlich keine Nachrichten von Erdbeben vor in den Jahren:

1540, 1543, 1544, 1547, 1549, 1561, 1564, 1567, 1589.
1611, 1613, 1645.
1741.

während wir aufgezeichnet finden:

1730	.	3	1740	.	4	1750	.	16
1731	.	6	1741	.	—	1751	.	16
1732	.	6	1742	.	7	1752	.	28 *
1733	.	5	1743	.	4	1753	.	14
1734	.	3	1744	.	4	1754	.	13
1735	.	2	1745	.	3	1755	.	42 **
1736	.	5	1746	.	3	1756	.	36 ***
1737	.	10	1747	.	4	1757	.	17
1738	.	5	1748	.	5	1758	.	8
1739	.	5	1749	.	9	1759	.	17
in zehn Jahren		50			43			207

also in diesen 3 Decennien durchschnittlich jährlich 10 Erdbeben.

Zugleich aber sieht man aus diesem Beispiele, wie ungleich die Vertheilung auf die einzelnen Zeiträume sey. Die große Menge von Erdbeben seit 1749 und bis 1757 gehören wohl ihrer Hauptursache nach zusammen; es sind die Vorboten und Nachwehen des größten Erdbebens neuerer Zeit, desjenigen wodurch Lissabon am 1. November 1755 zerstört ward.

Einige der größten und merkwürdigsten mögen hier noch erwähnt werden.

373 v. Chr. Heftiges Erdbeben und ungeheure Ueberschwemmungen im Peloponnes. Helike wird vom Meere verschlungen und Bura völlig zerstört.

285 v. Chr. In Japan versinkt ein großer Landstrich, an dessen Stelle der See Biva-ouni entsteht; gleichzeitig entsteigt ein neuer Vulkan dem Boden, der Fousinoyama, der jetzt zu den höchsten der japanischen Vulkane gehört.

* In den einzelnen Monaten: 3. 1. 3. 2. 2. 3. 1. 2. 3. 4. 2. 2.
** „ „ „ „ 2. 1. 1. — — 1 — 2. 2. 2. 15. 16.
*** „ „ „ „ 6. 8. 5. 3. 2. 2. 1. 1. 1. 2. 3. 2.

244 v. Chr. Auf Rhodus. Der große Koloß wird umgestürzt.

221 v. Chr. Heftiges Erdbeben in Mittelitalien an dem Tage, wo Hannibal am thrasimenischen See siegt. Man zählte 57 Stöße (wahrscheinlich von verschiedenen Orten zusammengerechnet.) Mehrere Städte wurden ganz verwüstet und Berge stürzten ein.

95 v. Chr. In diesem Jahre Ausbruch des Epomeo, Verwüstung Rhegiums durch ein Erdbeben, Auseinanderprallen zweier Berge im Modenesischen und (wahrscheinlich auch 95) Ausbruch auf Volcano.

57 v. Chr. In China stürzen viele Berge ein und füllen die Thäler.

17 n. Chr. Dreizehn Städte in Kleinasien (Ephesus, Magnesia, Sardes, Mosthene, Caesarea, Philadelphia, Tmolos, Temnos, Kyme, Myrrhine, Apollonia, Dia, Aegae) von einem heftigen Erdbeben verwüstet.

33 n. Chr. Erdbeben während der Kreuzigung Jesu Christi. In Bithynien wird dadurch Nicaea zerstört, bei Gaeta ein Felsen von oben bis unten gespalten. Ueber seine Wirkungen in Palästina vergl. Matthäus 27, Markus 13, Lucas 23.

52 n. Chr. Heftiges Erdbeben in Macedonien: Philippi zerstört; vergl. Acta Apostol. 16.

105 n. Chr. Heftiges Erdbeben in Kleinasien. Von hier ab bis 177 Erdbeben sehr häufig und zerstörend.

262 n. Chr. Erdbeben und mehrtägige Finsterniß (durch Staub?) zu Rom, Verwüstung mehrerer Städte in Libyen und Kleinasien.

359 n. Chr. Schreckliches von Ammianus Marcellinus XVII. 7. genau beschriebenes Erdbeben. Es erstreckt

sich von Pontus durch Kleinasien bis Macedonien. Nicomedia leidet sehr: die an Abhängen erbauten Häuser stürzen ein.

365 (366?) n. Chr. Eins der größten Erdbeben, weit verbreitet. Alexandria, die Gegend von Sparta, 10 Städte in Creta wurden ganz oder zum Theil zerstört. Wahrscheinlich war es dies Erdbeben, in welchem der Tempel zu Delphi seinen Untergang fand.

518 n. Chr. In Dardanien werden 24 Burgen durch ein Erdbeben zerstört, darunter zwei gänzlich mit allen ihren Einwohnern, die übrigen zum größern oder geringern Theile.

555 n. Chr. In Konstantinnopel stürzen Mauern, Kirchen und Häuser ein; das Meer stürzt über die Stadt her, zieht sich dann plötzlich zurück; und eine Menge Schiffe gehen unter. Es verbreitet sich weit durch Asien und Europa und bis nach Alerandrien in Aegypten.

684 n. Chr. Heftiges Erdbeben in Japan, im südwestlichen Theile der großen Insel Sikokf. Gegen 20 Quadratmeilen Land sollen ins Meer gesunken seyn.

749 n. Chr. Heftiges Erdbeben in Syrien und Mesopotamien. Eine 200 Schritt lange Erdspalte öffnet sich.

764 n. Chr. Drei neue noch jetzt bewohnte Inseln erheben sich bei Japan während eines Erdbebens.

794 n. Chr. Ein Erdbeben stürzt den Pharus zu Alexandrien um.

822 n. Chr. Großes Erdbeben in Norddeutschland. Eine Strecke Landes in der Altmark, zwischen Salzwedel und Wittenberge wird bleibend emporgehoben.

856 n. Chr. Große Erdbeben in vielen Gegenden der Erde: in Deutschland (Mainz und Worms) Japan

und Vorderasien. Zu Comisene kommen 45000 Menschen um.

559 n. Chr. Syrien von Erdbeben verheert. In Antiochia stürzen 1500 Häuser und 90 Mauerthürme ein: Laodicea und Gabala gehen fast ganz zu Grunde und nur wenige Einwohner retten sich: ein Theil des Berges Askraeos stürzt ins Meer.

957 n. Chr. Am Kaspischen Meere: Rai und Thalekan verschüttet. Das Meer weicht gegen 300 Ellen zurück: man sah viele Inseln, die vorher nie bemerkt worden waren.

974 n. Chr. Erste Nachricht von einem Erdbeben in England.

1007 n. Chr. Zu Deinar, in Irak, heftiges Erdbeben: 10000 Menschen werden unter den Ruinen hervorgezogen: noch mehrere verschlang die See.

1021 n. Chr. Im südlichen Deutschland. Zu Basel wird der Münster in den Rhein geworfen. Feuermeteore.

1033 n. Chr. In Aegypten, Syrien und Palästina. Balasch ging unter, ebenso mehrere syrische Orte; zu Jerusalem stürzen die Tempelwände ein, Akra wird zur Hälfte zerstört. Viele, die auf dem Grunde des zurückgetretenen Meeres zu gehen versuchten, wurden von der rasch zurückkehrenden Fluth verschlungen.

1040 n. Chr. Zu Tauris in Persien große Verwüstungen, 5000 Menschen sollen umgekommen seyn. Auch in Afrika wird das Erdbeben empfunden und Smyrna hart heimgesucht.

1052 n. Chr. In Chusistan, besonders in der Nähe der Stadt Aodschan, ein heftiges Erdbeben; ein großer Berg riß auseinander und man erblickte in seinem Innern Stufen aus Ziegeln und Kalk. (?)

1069 n. Chr. Zu Ramla im südlichen Palästina. Das Meer tritt weit zurück. Viele wollen die versunkenen Gegenstände aufsuchen; doch die rückkehrende Fluth verschlingt die meisten. Eine Menge Gebäude stürzen ein.

1086 n. Chr. In Syrakus stürzt bei einem Erdbeben die Hauptkirche ein und begräbt viele Menschen.

1115 n. Chr. In Haleb, Samosata, Edessa, Haran, Balasch u. a. O. große Verwüstungen; die Stadt Marasch ganz zerstört. In eben diesem Jahre soll durch ein Erdbeben die Sundastraße zwischen den (vorhin zusammenhängenden) Inseln Sumatra und Java entstanden seyn.

1117 n. Chr. 3. Jan. In Oberitalien, der Schweiz und Deutschland bis Böhmen und Lüttich; südwestlich bis Lissabon hin. In Cremona stürzt die Kathedrale ein. — Zwischen 1009 und 1270 litt Lissabon sehr durch Erdbeben; einigemale ward die Stadt ein Trümmerhaufen.

1138 n. Chr. Lang andauerndes Erdbeben in Syrien und Mesopotamien, besonders Haleb. In demselben Jahr zwanzig Erdstöße zu Würzburg, und ein Ausbruch des Vesuv.

1139 n. Chr. Gansana in Persien zerstört, 100000 Menschen kommen um. Schwarzes Wasser dringt aus der Erde, auch Haleb und Ambar werden schwer getroffen.

1158 n. Chr. In ganz Syrien, über 60 geographische Meilen sich forterstreckend. Aus vielen zerstörten Städten konnte Niemand sich retten; die Einwohner von Haleb hatten Zeit zur Flucht; in Damascus, Antiochia u. a. O. sehr heftig. England empfindet in demselben Jahre Erdbeben; der Themsegrund in London wird trocken.

1170 n. Chr. Schreckliches 25 Tage anhaltendes Erdbeben in Syrien. Die Erdoberfläche schwankte wie ein

Schiff auf der See. Auch Sicilien, Ungarn, die Schweiz und Deutschland leiden.

1197 n. Chr. Das Dorf Longaw im Böhmerwalde durch Erdbeben zerstört. Stöße ein halbes Jahr lang.

1255 n. Chr. In der nördlichen Verlängerung der 1158 betroffenen Linie, im Paschalik Siwas, ein Erdbeben, wobei sich Schlünde öffneten und mehrere tausend Menschen umkamen. In einem großen Thale entsteht ein See.

1287 n. Chr. Die zur Pabstwahl in Rom versammelten Kardinäle werden durch ein Erdbeben verjagt.

1348 n. Chr. Längs der Alpen, besonders in Tyrol, Krain, Kärnthen u. s. w. 26 Städte, auch Venedig, werden davon hart betroffen. Erschütterungen 40 Tage lang.

24. Aug. 1356 n. Chr. In Lissabon. Ein viertelstündiges Erdbeben zerstört eine Menge Gebäude. Die nachfolgenden Stöße dauern ein Jahr lang.

18. Oktbr. 1356 n. Chr. Das heftigste Erdbeben unter denen die Basel betroffen haben. Auch Straßburg, Bern, Lausanne u. a. werden hart betroffen; überhaupt 38 Orte verwüstet. Das Wildbad bei Rothenburg an der Tauber soll dadurch entstanden seyn.

1382 n. Chr. Durch ganz England mit heftigen, mehrere Tage anhaltenden Bewegungen des Meeres. Das Jahr fast ohne Wind. In demselben Jahre Erdbeben in Frankreich und der Schweiz.

25. Nov. 1427 n. Chr. Erdbeben im Meere bei Santorin; eine um 720 entstandene Insel Hiera wird dadurch vergrößert.

1505 n. Chr. Kabul erleidet ein schreckliches Erdbeben. An vielen Stellen spaltet der Boden, Quellen und Bassins treten an die Stelle des vormaligen festen Grundes. Vier

wochen lang bleibt kein Tag und keine Nacht von Stößen frei; an einem Tage zählt man 33.

1510 n. Chr. Schreckliches Erdbeben zu Konstantinopel. Es stürzen ein: 109 Moscheen, 1070 Häuser, der größte Theil der Thürme und Mauern der Stadt und des Serails. 45 Tage lang bebt die Erde fast in der ganzen Türkei; Demotika wird ganz, Tschorum zur Hälfte vernichtet. Der Sultan wohnte 10 Tage lang unter einem Zelt, als es ihm zu arg ward, flüchtete er nach Adrianopel, doch auch dort brach bald nachher ein fürchterliches Erdbeben los; die verwüstete Stadt ward mit der Fluth und dem Schlamme der Tundscha überschüttet.

1530 n. Chr. Cumana und Paria in Südamerika leiden stark. In den Bergen von Cariaco entsteht ein ungeheurer Spalt, aus dem eine große Menge salzigen Wassers dringt.

1538 n. Chr. Entstehung des Monte Nuovo bei Pazzuoli, nachdem schon zwei Jahr lang heftige Bewegungen in Unteritalien statt fanden. Der Berg, in einem Umkreise von 8000 Fuß, wird in zwei Tagen 413 Fuß hoch emporgetrieben. (Dieß ist seine jetzige Höhe, ursprünglich war es vielleicht noch mehr.) Der Berg und sein Krater, der auch anfangs eruptirte, besteht noch. Auch Quito leidet in diesem Jahre durch ein heftiges Erdbeben.

1539 n. Chr. 27. Juni Abends 7 Uhr. Im sächsischen Erzgebirg. [illegible]

1556 n. Chr. Schreckliches Erdbeben in China. Ein Bezirk von 36 geographischen Meilen Umfang in der Provinz Chan-si verschwindet und wird ein See; alle Bewohner bis auf einen Knaben, kommen um. In demselben Jahre auch an vielen Orten Europa's schwere Erdbeben.

1570 n. Chr. 17.—19. Nov. 84 Erdstöße, darunter 36 sehr starke, zu Ferrara, Florenz, Modena und Venedig. Ferrara zum dritten Theil zerstört, darunter sechs Kirchen.

1580 n. Chr. am 6. April. London und ganz England empfinden ein heftiges Erdbeben; in Dover wird ein Felsen und ein Theil der Burgmauer ins Meer geworfen.

1582 n. Chr. Arequipa in Peru und viele andere Orte verwüstet.

1586 n. Chr. Nangasuma in Japan bei einem Erdbeben vom Meere verschlungen. Aus den breiten Erdspalten die sich an vielen Orten öffnen, dringt Schwefelgeruch.

1597 und 98 n. Chr. Heftige Erdbeben in Lissabon. In drei Straßen stürzen die Häuser ein.

1601 n. Chr. am 7. und 8. Septbr. In Süddeutschland, sehr weit verbreitet. Von Lausanne bis nach Böhmen, Hessen und den Niederlanden; auch in Gotha.

1627 n. Chr. Mehrere Monate lang heftige Erdbeben im Königreich Neapel. Die Hauptlinie der Zerstörungen geht von Vorino im O der Apeninen bis zur Mündung des Fortore. An mehreren Orten unterirdisches Brausen und Schwefelgeruch.

1638 n. Chr. vom März an. Sehr heftiges Erdbeben in Calabrien. Cosenza und Martonaro werden gänzlich, über 30 andere Orte theilweis zerstört. In Scigliano öffneten sich große Spalten; der Ort ward der Erde gleich gemacht. Der nördlichste Punkt der Richtung des Erdbebens ist Terranova, der südlichste Reggio; die Linie liegt nahe parallel derjenigen, welche das Erdbeben von 1627 nahm. Noch im April, Mai und besonders am 8 Juni heftige Stöße und neue Verwüstungen.

1646 n. Chr. Im April gleichzeitig zu Livorno und

Constantinopel am 31. Mai in Apulien an der Küste des adriatischen Meeres; später auch in Dänemark. Gegen Ende des Jahres erfolgen Ausbrüche des Aetna, auf den Canarien und Molucken.

1650 n. Chr. ist mit Ausnahme des April jeder Monat mit einem oder mehreren Erdbeben bezeichnet. Fast alle treffen Basel; einige auch noch andere benachbarte Orte, und sie dauern bis zum 12. Februar 1651 fort.

1654 n. Chr. 23. Juli. Nicht weit verbreitet, aber äußerst heftig. Es traf einen Bezirk in Terra di Lavoro zwischen Aloito und Pontecorvo. Letzterer Ort, so wie Bellomonte, wurden größtentheils zerstört. Spätere Stöße in diesem Sommer wurden auch an andern Orten, worunter Rom, empfunden.

1659 n. Chr. am 5. Nov. Nachts. In Calabrien, äußerst verwüstend. In Soriano, was von der Erde verschwand, kam fast Alles um. Die betroffenen Orte liegen zwischen Pizzo und Mileto im Westen der Apeninenkette, nur Catanzaro, was ebenfalls genannt wird, im Osten derselben.

1660 n. Chr. ist sehr reich an Erdbeben, mehr noch 1661, wo unter andern Mittelitalien und Venedig getroffen ward und bei Solothurn ein Felsen einstürzte. In Japan versinkt ein Berg spurlos.

1667 n. Chr. 6. April. Dalmatien, namentlich Ragusa, wo sich große Felsenmassen losrissen und über die Stadt herstürzten, auch Constantinopel und Smyrna leiden durch Erdbeben.

1670 n. Chr. Halle am 22. Jan. von Erschütterungen betroffen; um dieselbe Zeit die Gegend von Pernau in Liefland.

1677 n. Chr. 13. Novbr. Auf der Kanarischen Insel Palma im Bezirk Fuen Caliente. Die Erde borst an mehreren Stellen mit heftigem Getöse; sie dauerten bis zum 17., wo sie besonders heftig wurden und eine Eruption des Berges los Corales erfolgte.

1682 n. Chr. am 2. Mai Morgens ein weit verbreitetes Erdbeben, von Savoien und der Provence bis Paris und selbst bis Thüringen. In den nächsten Tagen noch mehrere; am 13. ein heftiges, wo bei Remiremont an der Mosel ein Erdspalt entstand aus welchem Flammen drangen.

1688 n. Chr. von 5.—8. Juni. Auf einem Striche von Neapel nördlich bis zum Apennin. In Neapel stürzt unter andern die Kuppel einer Kirche ein. Bei Matese entstehen Erdspalten, auch bei St. Giorgio eine zwei Miglien lange von unergründlicher Tiefe. Im August wird Smyrna stark erschüttert.

1690 n. Chr. am 4. Decbr. In Deutschland, bis Dresden, Altenburg und Jena hinauf. Zwei Wochen später in Kölln.

1692 n. Chr. 7. Juni. Eins der größten auf Jamaika. Der Boden der Insel bewegt sich wie das Meer und bekommt Risse; viele Striche am Meere versinken, so die Magazine am Hafen von Port Royal bis 48 Fuß tief, ohne einzustürzen, denn man sah die Schornsteine noch über dem Wasser. Die Breite einer Straße der Stadt ward verdoppelt. Auf der ganzen Insel waren die größten Umwälzungen vorgegangen.

1693 n. Chr. vom 9.—11. in Sicilien und andern Gegenden Europa's. Am 11. um 9 Uhr Abends fürchterlicher Stoß, der 60 Städte und Dörfer gänzlich zerstörte; zu Catanea allein kamen 18000 Menschen um. Der Boden

des Meeres um Sicilien sank nieder. Bis in Holland will man das Erdbeben gefühlt haben.

1703 n. Chr. Heftiges Erdbeben in Abruzzo, das bis Venedig empfunden wird. Viele Berge stürzen ein, die Erde öffnet sich in großen Spalten und es entstehen Seen. Mehr als 80 Orte wurden verwüstet. Mit diesem ersten am 14. Jan. eröffnet eine ganze Reihe von Erdbeben. Das am 2. Febr. war noch heftiger, traf denselben Landstrich und zerstörte Aquila gänzlich, wobei 5000 Menschen umkamen. So geht es bis in den Juli fort. Auch Frankfurt und Hanau werden am 6. Mai betroffen.

1707 n. Chr. Entsteht während eines Erdbebens eine neue Insel bei Santorin, die bis 1712 anwuchs und 400 Fuß hoch ward, bei einem Umfange von 30000 Fuß. Das Meer an dieser Stelle war vorhin mit 100 Faden (600 Fuß) nicht zu ergründen gewesen.

1719 n. Chr. Entsteht in den Azoren bei Terceira eine neue Insel, die 1723 wieder verschwindet, nachdem sie allmählich zusammengesunken war.

1720 n. Chr. Starke Erschütterung im Erzgebirg, auch zu Leipzig.

1727 n. Chr. Im Spätjahr heftiges Erdbeben in Nordamerika, bei Newburg nördlich von Boston, wo sich die Erde öffnete. Auch Boston empfand schwache Stöße.

1731 n. Chr. 30. Novbr. 11 Uhr Morgens. Schreckliches Erdbeben in China. In Peking werden die Gebäude wie durch eine Mine in die Luft gesprengt, in weniger als einer Minute kommen über 100000 Menschen unter Trümmern um. Dem ersten Stoße folgen noch 23 schwächere bis zum folgenden Morgen.

1732 n. Chr. Am 29. Novbr. Ein Erdbeben das sich

strahlenförmig vom Vesuv aus verbreitet. Ein Radius traf Neapel, ein zweiter Benevent, ein dritter lief nach Ariano, welcher Ort fast ganz zerstört ward, und so finden sich noch fünf andere Strahlen, der letzte, nach Calabrita, ist dem ersten grade entgegengesetzt.

1733 n. Chr. 18. Mai Im mittlern Deutschland, zu Mainz, Frankfurt, Gießen, Hanau u. s. w. In Mainz stürzen Schornsteine ein und Glocken schlugen von selbst an.

1737 n. Chr. Vom 11.—28. Mai sieben und sechzig Erdstöße zu Karlsruhe. Der 17. und 20. Mai waren Ruhetage; außerdem fast beständiges Beben. Hielt man das Ohr auf die Erde, so hörte man ein Geräusch wie von siedendem Wasser, auch war die Erde beständig sehr warm. Am 6. Oktbr. desselben Jahres starkes Erdbeben in Kamtschatka, was sehr große Veränderungen der Bodengestaltung bewirkt.

1742 n. Chr. Vom 16.—27. Jan. zu Livorno. Am letzten Tage war der heftigste Stoß, das Meer gerieth in Bewegung und viele Gebäude der Stadt wurden beschädigt.

1746 n. Chr. Am 28. Oktbr. 10½ Abends. Zerstörendes Erdbeben zu Lima und Callao. Zweimal zog sich das Meer zurück, kehrte wieder und verschlang die Stadt Callao; es soll 80 Fuß über seinen Normalstand gestiegen seyn. Ein Theil des damaligen Landes ist jetzt Meeresbucht. Noch vier andere Hafen an dieser Küste wurden verwüstet. Die Stöße (deren man 451 gezählt haben will, wiewohl alle schwächer als der erste) dauerten fort bis 24. Februar 1747. Auch in Oberwallis war an demselben Tag ein starkes Erdbeben.

1749 n. Chr. Mit diesem Jahre eine Folge von Erdbeben, die an Häufigkeit wie an Stärke stets zunehmen und

so die große Katastrophe von 1755 einleiten. Besonders litten 1749 Island, Mexiko (wo Zapotlan zerstört ward), Valencia (25. März, über 5000 Menschen kommen unter Trümmern um); 1750 Liverpool, Lancaster u. a. Orte (13. April); das südliche Frankreich (24. Mai, mit Felsenstürzen in den Pyrenäen) Chili (an demselben Tage mit großem Menschenverlust durch Ueberfluthung); 1751 Haiti und die übrigen Antillen, Neapel, Venedig. So geht es fort; in den verschiedensten Erdgegenden zeigen sich die Erdbeben theils gleichzeitig, theils nahe aufeinander folgend. In keinem der früheren Jahrhunderte, so weit wir detaillirte Nachrichten besitzen, scheint Aehnliches in gleichem Maße stattgefunden zu haben. Vulkanische Ausbrüche blieben zwar nicht aus, allein sie waren schwach und vereinzelt, und so fand der im Innern fort gährende Stoff keine genügende Ableitung.

1755 n. Chr. Am 1. Novbr. um 9 Uhr 40 Minuten Morgens Lissaboner Zeit erfolgte das schrecklichste aller Erdbeben der neuern Zeit. Gleich der erste Stoß vernichtete in 6 Sekunden den größten und schönsten Theil Lissabons; die Zahl der Umgekommenen wird auf 40—50000 angegeben. Sehr viele derselben hatten Rettung auf dem mit ungeheuren Kosten von Marmorquadern neuerbauten Kai gesucht, als plötzlich das Meer furchtbar stieg und der Kai mit allen darauf Versammelten in die Tiefe versank. Eine Menge daran liegender Fahrzeuge traf das gleiche Schicksal. Die Tiefe des Meeres an der Stelle des ehemaligen Kai fand sich hernach 600 Fuß.

Schwer getroffen wurde ganz Portugal, das südliche Spanien (Conil gänzlich verwüstet), die westlichen Theile von Marocco, namentlich die im Meridian von Lissabon

liegenden Punkte. Zu Tanger stürzte ein Vorgebirg ein; zu Fez Häuser und ein Theil eines Berges; Salle, Mequinez, Saffé erfuhren Aehnliches; bei Marocco versank ein Dorf in einem Schlund; bei Mogador versank eine Reihe von Klippen, die bisher den Zugang gesperrt hatte, und seitdem hat die Rhede dort eine Tiefe von 120 Fuß und kann die größten Schiffe aufnehmen.

Die Phänomene des Versinkens großer Strecken, namentlich das des Kais von Lissabon und der Klippen von Mogador fanden auf einer von N nach S gerichteten Linie statt, und eben daselbst bemerkte man auch die ungeheuren Wellenbewegungen des Wassers, die wie die Stöße auf dem Lande, in einer auf dem Meridian senkrechten Richtung erfolgten. v. Hoff schließt daraus, daß sich im Meridian von Lissabon und in der Richtung auf Mogador zu, in großer Tiefe unter dem Boden des Meeres eine Kluft befunden habe, aus welcher die Eruption erfolgte. Beim Durchbruch der Wölbung dieser Kluft mußten die beiden Wände einstürzen, mit ihnen stürzte Alles was darauf war, in die unergründliche Tiefe (nie sind Trümmer der Kais oder der Schiffe an demselben wieder zum Vorschein gekommen). Das Wasser des Meeres mußte gewaltsam hineinstürzen und sie ausfüllen, und dies mußte rückwirkend jene ungeheuren Wellenbewegungen veranlassen, die man 50 Meilen weit im atlantischen Meere und selbst bei den westindischen Inseln wahrgenommen hat.

Außer Rußland und der Türkei scheinen nur wenige Gegenden Europa's von diesem Erdbeben ganz frei geblieben zu seyn. Selbst in den brandenburgischen Marken wurden in den Seen ungewöhnliche Bewegungen bemerkt und die Kirch'schen meteorologischen Beobachtungen Berlins führen

wiewohl mit einem (?), ein Erdbeben auf. Namentlich sind zahlreiche und sehr detaillirte Wahrnehmungen aus England aufgeführt.

Den ganzen November hindurch gab es wenige Tage, wo nicht Lissabon und andere, selbst weit entlegene Orte, aufs neue Stöße empfanden, deren einige, wie der am 8. Novbr., noch mehrere Gebäude umwarfen. Auch in den nächstfolgenden Jahren ging es so fort. 1756 und Anfangs 1757 war Lissabon stets der am häufigsten betroffene Ort, gleichsam das Centrum der Bebungen; später vereinzelten sie sich mehr auf verschiedene Punkte, auch solche die sonst wenig betroffen werden, wie Lappland und die Gegenden am weißen Meere den 6. und 31. December 1758.

Wenn besonders seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Nachrichten von Erdbeben sich sehr häufen, so muß man daraus nicht sofort auf eine wirkliche Zunahme der Thätigkeit des Innern der Erde schließen. Die rasch zunehmende geographische Kenntniß auch der bis dahin ganz unbekannten Gegenden nicht minder als die größere Aufmerksamkeit, angeregt durch allgemeinere Verbreitung der Naturkunde, tragen das ihre dazu bei, abgesehen von dem so sehr erleichterten Verkehr und den jetzt so zahlreichen literarischen Organen der Mittheilung. Hier nur noch einiges Wenige.

Der gewaltsamen Entladung von 1755 folgte eine 20jährige Periode, in welcher die vulkanischen Ausbrüche, namentlich des Aetna und der isländischen Vulkane ziemlich hinreichend schienen, so zerstörende Wirkungen abzuleiten. Aber schon in den 70er Jahren des 18. Jahrhundert häufen sich die Erdstöße in Italien, verbreiten sich allmälig auch über andere Gegenden und werden seit 1780 heftiger und

zerstörender. In Messina dauerte sogar während des Aetna-Ausbruchs am 18. Mai 1780 das Erdbeben fort. Die Vorzeichen der neuen Katastrophe hatten große Aehnlichkeit mit denen die sich seit 1749 zeigten.

1783 n. Chr. Am 5. Febr. um 12 Uhr neap. Zeit erfolgte der erste und heftigste Stoß. Der Mittelpunkt war Oppido in Calabrien, was gänzlich zu Grunde ging. Um diesen Ort liegen in einem Halbmesser von 5½ Meilen die hart betroffenen, und in einem zweiten von 18 Meilen Radius die milder berührten Orte. Nachdem im Februar und März die Stöße noch oft wiederholt hatten, erfolgte am 28. März ein dem ersten fast gleicher, ebenso verderblicher und noch weiter verbreiteter Stoß. Hamilton, der diese Gegenden bald nach der Katastrophe besuchte, gibt eine ergreifende Schilderung der angerichteten Verheerungen. Die Zahl der Getödteten war vielleicht eben so groß als 1755 in Lissabon: größer noch war die der Verwundeten, denn es war nicht wie dort, ein gewaltsames und plötzliches Verschlingen des Bodens, sondern eine Menge Verschiebungen und Einstürze erfolgt. Berggipfel lösten sich ab und stürzten in die Thäler; überhaupt wurden die festern, tiefer liegenden Schichten am gewaltsamsten zerrissen und erschüttert: die lockere Erde an der Oberfläche häufig nur verschoben, einige Pflanzungen, ohne Beschädigung der Bäume, wohl eine italienische Meile weit.

Das Apeningebirge ward in seinem Hauptzuge gar nicht, nur in seinen Vorbergen und Ausläufern erschüttert. Es setzte der Verbreitung nach O sogar Grenzen, denn nur da, wo der Apenin gleichsam eine Lücke hat, im Parallel von Catanzaro, wirkte das Erdbeben vom 28. März auf die östliche Seite hinüber. Die bedeutenden Veränderungen

der Bodengestaltung, welche es hervorgebracht, sind größtentheils bleibende gewesen, namentlich die Teiche, deren in Calabria Ultra gegen 50 entstanden seyn sollen.

Zu bemerken ist noch, daß am 13. April 1783 Lissabon ebenfalls einen starken Erdstoß empfand, auch noch in gegenwärtigem Jahrhundert, namentlich 1816 und 1818, sind dort deren verspürt worden.

1840 n. Chr. Eins der neuesten Erdbeben ist das, bei welchem der Gipfel des den Anwohnern heiligen Berges Ararat einstürzte, und dessen Verheerungen in den transkaukasischen Gegenden sehr bedeutend waren.

Es geht aus allen Thatsachen, die wir über Erdbeben gesammelt haben, hervor, daß sie eben so wenig als die vulkanischen Erscheinungen an Gebirge geknüpft sind. Die massenhaftesten und höchsten Gebirge, wie die Alpen, scheinen vielmehr Dämme als Heerde der Erdbeben zu seyn. Dem Stoße der heftigsten Erdbeben können freilich auch die Urgebirge nicht ganz widerstehen; deutlich aber zeigt es sich auch bei diesen, daß die Erschütterung nicht von ihnen ausgehe. Das Niveau der Oberfläche ist hierbei überhaupt von geringer Bedeutung, und Alles führt uns darauf, daß es im Innern der Erde, wohl einige Meilen tief unter der Oberfläche, große Höhlen gebe, die sich weit verzweigen und vielleicht mit noch größeren in bedeutenderer Tiefe zusammenhängen. Die Wassermassen sammeln sich in ihnen, werden durch die Hitze in Dämpfe verwandelt und suchen einen Ausweg. Diesen verschaffen sie sich durch Eruptionen, wodurch sie Vulkane erschaffen und zum Theil in fortgesetzter Thätigkeit erhalten; allein einerseits kann schon dies nicht ohne alle Bewegungen des Bodens abgehen, andrerseits reichen die Vulkane nicht hin, indem sie sich

von Zeit zu Zeit selbst verstopfen, vielen Gegenden auch gänzlich fehlen. In solchen Fällen erfolgen dann jene heftigen Detonationen und gewaltsamen Umstürzungen, deren wir oben mehrere erwähnt haben. Vielleicht, daß es einst gelingt, durch fortgesetzte genaue Beobachtungen über Richtung, Verbreitung und Stärke der Erdbeben die Gestalt, Größe und Lage jener unterirdischen hohlen Räume annähernd zu bestimmen.

§. 115.

Es erhellt aus dem Vorigen, daß die Vulkane und Erdbeben sehr mannichfaltige und zum Theil bedeutende Veränderungen der Erdoberfläche bewirkt, und daß ein großer Theil dieser Veränderungen Bestand gewonnen habe. Aber es wäre eine sehr einseitige Ansicht, wollte man alle Veränderungen, welche seit der ersten Bildung des Erdkörpers mit demselben vorgegangen sind, unter die oben bezeichnete Art klassificiren. Andere und zum Theil noch gewaltigere Naturkräfte haben das Ihrige dazu beigetragen, und wenn es uns auch nie gelingen sollte, jede Veränderung auf ihren wahren Ursprung mit Sicherheit zurückzuführen, so ist doch eine große Anzahl derselben mit aller Bestimmtheit nicht vulkanisch.

Wenn in der gegenwärtigen Zeit, nachdem die klimatischen und andern Verhältnisse der einzelnen Gegenden im Allgemeinen constant geworden sind, zwischen Niederschlag und Verdünstung überall ein Gleichgewicht in dem Sinne existirt, daß die großen, die Landgewässer aufnehmenden Becken an den Luftkreis eben so viel direkt abgeben, als sie indirekt von ihm empfangen, so folgt daraus keinesweges, daß dies in der Vorzeit stets so war. Wenn in Folge abnehmender Wärme die Verdunstung eines Boden-

sich verminderte, ohne daß der Niederschlag in den Stromgebieten sofort in gleichem Maße abnahm, so mußte ersteres seine Grenzen erweitern und ein höheres Niveau annehmen. Währte die angegebene Ursache fort, bis einer der natürlichen Dämme, welche die verschiedenen Meeresbecken von einander trennen, nicht mehr Widerstand zu leisten vermochte, so erfolgte ein Durchbruch des einen Beckens in das andere.

Die größten derartigen Veränderungen müssen sehr frühen Epochen des Erdballs angehören, da keine Geschichte, höchstens eine dunkle Sage derselben erwähnt. Auch ist dies schon daraus zu schließen, daß, wie früher dargethan, bedeutende klimatische Veränderungen größerer Erdstriche in der historischen Zeit nicht vorkommen. Wir werden also fast allein auf die Betrachtung des Bodens hingewiesen und müssen versuchen, aus den natürlichen Denkmälern die alte Geschichte unsers Erdkörpers abzuleiten, so weit dies möglich ist.

§. 116.

Die Gegend zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere, so wie die Umgebungen des letztern und des Aralsees, tragen mehr oder minder deutliche Spuren einer einstmaligen Ueberfluthung. Die vom Kuban und Manytsch durchzogenen Steppen im Norden des Kaukasus, die untern Theile des Laufs der Wolga und Ural, so wie der von Osten her in den Aralsee, und einst wahrscheinlich in das kaspische Meer mündenden Flüsse mit ihren unendlichen Verzweigungen, wodurch jedes dieser Flußdelta's in Tausende von Inseln zerschnitten wird, die stagnirenden salzigen Seen, die sich besonders im Norden des kaspischen Meeres so überaus häufig finden, sind sprechende Thatsachen für

diese Behauptung. Andrerseits zeigt uns der Bosporus, durch den das schwarze Meer mit dem Marmormeer und mittelbar mit dem ägeischen zusammenhängt, sehr deutlich die Gestalt eines Stromes, der sich einst zwischen Felsen seinen Weg bahnte.

Beide Wahrnehmungen führen dahin, anzunehmen, daß einst das schwarze Meer gegen das Marmormeer hin geschlossen gewesen, dagegen mit dem kaspischen und asowschen in Verbindung gestanden habe, und daß namentlich gegen Norden und Osten hin die Ufer dieses vereinigten Gewässers viel weiter als jetzt sich erstreckten. Die zahlreichen wissenschaftlichen Reisen von Pallas bis Göbel haben uns die Gestaltung jener Gegenden kennen gelehrt. Pallas glaubt die Mündung des Donetz in den Don als Grenzpunkt des ehemaligen asowschen Meeres setzen zu müssen. Hier zieht eine Anhöhe von Flötzkalk ostwärts und bezeichnet das alte Seeufer. Weiter östlich zeigt sich an den Nordrändern der Steppe, die sich noch heut nur wenig uber das kaspische Meer erhebt, ein mit Kalkmasse gebundenes Konglomerat von Sand, mehr als 200 Fuß über die Steppe emporragend und das höhere Land wie ein Kranz umgebend. Erst jenseits dieses Randes zeigen sich Flötzlager ohne Sandbedeckung. Bei Sarepta, wo das hohe Land zurücktritt und gleichsam einen Busen bildet, zeigen sich vitriolhaltige Lagen von Schlamm mit Spuren von Schilf und Seemoor. So läßt sich wenigstens in den genauer untersuchten Theilen dieser Gegend mit ziemlicher Sicherheit die Grenze des ehemaligen Meeres nachweisen.

In dieses Meer ergossen sich nun sämmtliche Gewässer von der Donau bis zum Oxus herum, die zusammenge

nommen eine ungeheure Wassermasse haben, während die, welche der Taurus, Kaukasus und Paropamisus von S her hinein ergossen, weit weniger betragen. In der Epoche unserer Erde, wo die Temperatur auch der nordischen Gegenden höher als jetzt, und der der südlichen näher stand, genügte die Ausdünstung der gesammten Meeresmasse, um die hinzuströmenden Gewässer zu absorbiren. Als nach und nach von den Polen aus die Abkühlung der Erdoberfläche sich in die gemäßigten Zonen verbreitete, verminderte sich die Ausdünstung dieses Meeres, ohne daß sich die Niederschläge in den nördlich liegenden Landschaften in gleichem Maße verminderten. Ein Steigen des Meeresspiegels war die Folge, zugleich aber ein Anstürmen der Fluthen gegen den Damm, der damals Thrazien mit Kleinasien vereinigte, und auch wohl ein Unterwaschen der Küste. War es zuletzt vielleicht nur ein einzelner Felsen, der noch Widerstand leistete, so mußte in dem Augenblick wo dieser nachgab, eine ungeheure Fluth hervorbrechen, das ägeische Meer erhöhen, gewaltsam gegen alle Küsten desselben anstürmen und die niedern Landschaften Thessaliens, des Peloponnesus u. a. verwüsten, oder auch bleibend unter den Wellen begraben. Eine von Strabo angeführte Sage läßt die Fluth, vor welcher Dardanus aus Arkadien floh, sich bis nach Aegypten und Cyrenaica erstrecken, was als momentan gar nicht unwahrscheinlich ist, wenn ein Meer, das nach den angeführten Erscheinungen an seiner ehemaligen Nordküste zu schließen, mehr als 100 F. über dem jetzigen Niveau des schwarzen und ägeischen Meeres lag, und das gegen 30000 Quadratmeilen Oberfläche gehabt haben mag, plötzlich durchbrach.

In Folge dieses Durchbruchs ward nun aber der Propontis nicht allein unter sein damaliges — nach unserer

obigen Annahme gestiegenes — sondern auch sogar unter sein früheres Niveau erniedrigt, und die seichtern Stellen desselben traten als trocknes Land hervor. Der Umfang verminderte sich und zu beiden Seiten des jetzigen kaspischen Meeres entstanden breite Isthmen, die das Ganze in drei Massen trennten. Nach dieser Trennung hörte die Fluth allmählig auf und es bildete sich ein fortwährender ruhiger Strom, der Bosporus, der noch heut in der Gestalt seiner Ufer, namentlich bei Bujukdere, deutlich zeigt, daß nur eine aus dem Propontis hervorstürmende Fluth sie so bilden konnte.

Das kaspische Meer steht jetzt 94 Fuß tiefer als das schwarze, und auch die Wolga liegt da, wo nur ein schmaler Isthmus sie vom Don trennt, reichlich eben so tief unter diesem. Wahrscheinlich war nach der Trennung beider Meere das Becken, welches für das kaspische geblieben war, für die Wolga allein zu groß, so daß die Verdunstung hier stärker als der Zufluß war. Es mußte folglich sinken, und die Wolga eben in Folge dieses Zurückziehens auf dem neuen Boden ihren Lauf verlängern und sich durch Quellen verstärken, bis beide wieder im Gleichgewicht standen.

Auch der Aralsee zeigt deutliche Spuren, daß er von seinem ehemaligen Stande herabgesunken sey, und fast die Hälfte desselben besteht aus Sümpfen, zwischen denen zahllose Inseln liegen. Er konnte aber, da ihm mehrere im Verhältniß zu seinem Umfange sehr bedeutende Zuflüsse von O her blieben, nicht so tief als das kaspische Meer sinken: auch geben ihm neuere Untersuchungen 117 Fuß Höhe über dem letzteren, so daß er auch das schwarze Meer noch um etwas überragt.

§. 117.

Dies ist der wahrscheinlichste Vorgang, für den freilich die historischen Belege so gut als gänzlich ermangeln, den wir aber aus der Natur der Sache hergeleitet haben und von dem mindestens die Sage noch einige Spuren gerettet hat. Auch dieß letztere kann man nun von andern ähnlichen Vorgängen, die eine wesentliche Veränderung des Verhältnisses zwischen Land und Meer bewirkten, nicht anführen. Höchstens könnte noch Einiges für den Durchbruch des atlantischen in das mittelländische Meer beigebracht werden: nur trägt das, was wir bei Diodor und andern finden, weit weniger den Charakter einer Sage als eines Philosophems, das sogar ziemlich späten Ursprungs zu seyn scheint. War doch selbst die Thatsache, daß das atlantische Meer in das Mittelmeer ströme, bei den Alten keineswegs festgestellt, wie denn in der That erst neuere Untersuchungen es außer Zweifel gesetzt haben. Man glaubte häufig der Strom nehme die umgekehrte Richtung, und so erzeugte sich die Idee, der Durchbruch der Herkulessäulen Calpe und Abyla sey eine Folge der Ueberfüllung des Mittelmeeres, die durch den Durchbruch des Bosporus veranlaßt worden. So mag die Meinung der Historiker und Geographen, die sich durch Betrachtung des gegenwärtigen Zustandes erzeugte, den Anwohnern als Sage angedichtet worden seyn, wie wir Aehnliches auch in unsern Tagen in Beziehung auf die Herthenburg, das Hermannsfeld u. drgl. finden.

Wenn indeß auch nicht die Hauptbegebenheit des Durchbruchs selbst, so scheinen doch einige Nachwirkungen desselben allerdings in die historische Zeit zu reichen. Noch in neueren Zeiten sind merkliche Veränderungen beider

Küsten bemerkt worden, und Eratosthenes und Plinius gedenken einer breiten Sandbank, die sich in der Straße quer herüberzog, und die man die Schwelle des innern Meeres nannte. Mehrere Inseln befanden sich in der Straße, und noch bei Edrisi ist die Rede von Untiefen in derselben, welche größeren Schiffen den Durchgang sperren oder doch sehr erschweren. Jetzt sind weder Inseln noch Untiefen vorhanden, und dies scheint also auf ein fortwährendes Durchwaschen und Hinwegströmen des Grundes hinzudeuten, so daß eigentlich nur der erste Anstoß in die vorhistorische Zeit fällt.

Der Anblick der Gegend spricht allerdings sehr für einen gewaltsamen Durchbruch, ohne jedoch die entgegengesetzte Meinung auszuschließen. Zugleich aber ist klar, daß wenn ein solcher erfolgte, er gewiß nur von der Seite des atlantischen Meeres her statt fand. War einst das Becken des Mittelmeeres nach O wie nach W hin verschlossen, so fällt das große Mißverhältniß zwischen Zufluß und Verdunstung sogleich in die Augen. Den Nil ausgenommen ergießt sich kein einziger Strom erster und nur sehr wenige zweiter Größe ins Mittelmeer, und selbst dieser kann der Wassermenge nach sich mit keinem der drei großen Ströme messen, die von N her ins schwarze Meer fallen. Ebro, Rhone und Po sind zusammengenommen noch nicht dem Don oder Dnepr gleich und alle übrigen, die dem Mittelmeere zufließen, kommen in gar keinen Betracht. Von Gebirgen und Sandwüsten überall dicht umgeben, nehmen seine Zuflüsse meistens nur einen kurzen Lauf und erreichen weder eine beträchliche Breite noch Tiefe. So mußte das Meer fortwährend sinken, und so hatten die Massen, welche es von den benachbarten trennten, einem stets stärker

werdenden einseitigen Drucke Widerstand zu leisten: daß dieser endlich gebrochen wurde ist zu natürlich, als daß man genöthigt wäre zu vulkanischen und andern Kräften seine Zuflucht zu nehmen, welche diesen und andere Durchbrüche bewirkt haben sollten.

§. 118.

Die Straße Bab el Mandeb soll ebenfalls einem Durchbruche des Oceans in das rothe Meer, das einst ein geschlossenes Becken war, sein Daseyn verdanken. Indeß wird das, was uns darüber von arabischen Schriftstellern gemeldet wird (ein König von Jemen habe den vorliegenden Berg mit einem Canal durchstochen und in diesem sey der Ocean gewaltsam eingeströmt) bedeutend entkräftet durch die Nachricht Herodots, daß schon Sesostris aus dem rothen Meere in das erythräische gelangt sey. Uebrigens ist das Ereigniß an sich nicht unwahrscheinlich, denn der ganze arabische Meerbusen nimmt gar keinen Fluß auf, ist fast ganz von Wüsten umgeben und das heißeste aller Meere der Erde. War die Verbindung nicht etwa im ersten Ursprunge schon vorhanden, so mußte das Binnenmeer in einem rapiden Verhältnisse durch Verdunstung, für welche es durchaus an jedem Ersatz fehlte, sinken und somit mußte ein Durchbruch erfolgen. Nur fällt er wohl nicht in die historische Zeit.

Man hat diese Durchbrüche mit den großen Fluthen in Verbindung zu bringen versucht, die gleichfalls der Sagengeschichte angehörend, als die Folgen jener Ereignisse oder doch als mit ihnen zusammenhängend, dargestellt werden: eine an sich nicht unwahrscheinliche Meinung. Nur wird sich weder der Zeitpunkt, noch die genaue Oertlichkeit der noachischen, ogygischen, deukalionischen, chinesischen u. a.

Fluthen jemals bestimmen lassen, und es wird folglich für die Chronologie jener Begebenheiten dadurch nichts gewonnen.

§. 119.

Diese Durchbrüche und die in Folge derselben eingetretenen Veränderungen des Niveaus der Meere müssen allerdings auch entsprechende Veränderungen der Küsten-Contouren, so wie das Entstehen und Verschwinden von Inseln zur Folge haben, doch können sie wohl nicht ganzen großen Haupttheilen des Erdkörpers den Untergang gebracht haben. Die Atlantis der Alten (wenn nicht Amerika darunter zu verstehen ist), die Insel Friesland des Mittelalters und ähnliche Länder haben wohl nie anders als in der Einbildung existirt und mißverstandenen Stellen alter Autoren ihr Daseyn verdankt. Die höchst dunkle Sage von einem Lande Lyktonien, welches an der Stelle des ägeischen Meeres gelegen haben sollte, hat man mit dem Durchbruche des Bosporus in Verbindung gebracht; Euböa, Cypern und die Cycladen sollten Trümmer desselben seyn. Die Tiefe und natürliche Beschaffenheit des jetzigen ägeischen Meeres scheinen die Sage nicht zu unterstützen und das Ganze ist vielleicht nichts als eine Namens-Verwechselung.

Geschichtlich beglaubigt, ja zum Theil unter den Augen der gegenwärtigen Welt noch vor sich gehend, sind dagegen Veränderungen an mehreren flachen Küsten des atlantischen und Mittelmeeres. Das Nildelta Aegypten ist durch Anschwemmung des Nilschlammes entstanden, der noch heut fortfährt seine Mündungen zu verstopfen und Schlammmassen abzusetzen. Umgekehrt hat auch das Meer Wiedereroberungen gemacht, und der See von Abukir, der wahrscheinlich die Stelle von drei oder vier alten Städten

einnimmt, ist im Jahre 1784 durch einen Einbruch des Meeres entstanden. Sicilien ist von Italien, so wie höchstwahrscheinlich auch England von Frankreich durch das Meer losgerissen worden; die einst mehrere Quadratmeilen haltende Insel Helgoland ist jetzt ein kaum 4000 Fuß langer schmaler Felsen. Noch 1720 hing er mit der kleinen Düne, die jetzt zum Badeplatze dient und 1/4 Stunde von ihm entfernt ist, so zusammen, daß man zur Ebbezeit hinübergehen konnte. Rügen war einst weit größer, ist aber durch wiederholte Sturmfluthen fortwährend verkleinert worden, und wird dieß noch heut unter unsern Augen. Die Insel Leon, auf deren Spitze Cadix liegt, soll einst 10 Meilen lang und 30 im Umfange gewesen seyn — jetzt hat sie 3 Meilen Länge, nur 2 Breite, und der schmale Hals durch welchen Cadix mit dem übrigen Theile der Insel verbunden ist, leidet noch heut Einbuße von W her. Die atlantischen Küsten Frankreichs und Englands sind in demselben Falle, noch mehr die brittischen Küsten des Kanals. So ist noch in neuerer Zeit eine Straße in Brighton vom Meere verschlungen worden. Auch an den Nordseeküsten Englands zeigt sich Aehnliches. Bei Sutton steht ein großer Wald unter Wasser, dessen Harz noch benutzt werden kann, und die Kirche des Orts stand einst an einer Stelle, wo jetzt das Meer fluthet und wo sich in der Tiefe noch Reste von Mauerwerk finden. Die dänischen, die deutschen Nordseeküsten sind Einbrüchen des Meeres preisgegeben: durch einen Einbruch am 11. October 1634 wurde die damals 4 Meilen lange und stark kultivirte Insel Nordstrand überfluthet und gänzlich zerrissen; 1338 Häuser, 6408 Menschen und mehr als 50,000 Stück Vieh gingen in der Katastrophe zu Grunde. Heut sind nur 3 unbedeutende Stücke der Insel noch übrig,

und die Zerstörungen dauern fort. Im Jahr 1824 durchbrach bei einer Sturmfluth das Meer den Isthmus, welcher Nordjütland mit dem übrigen Theile vereinigte, die Gewässer der Nordsee ergoßen sich in den Lymfiörd, einen Busen der Ostsee, und diese Veränderung hat sich erhalten, so daß die ehemalige Halbinsel Nordjütland jezt eine Insel ist.

§. 120.

Man sieht leicht, daß wenn anders die Gesammtmasse des Wassers, das unserm Erdballe angehört, konstant ist, Vergrößerungen des Oceans nur Statt finden können, wenn auf andern Punkten das Land sich vergrößert, oder wenn die Tiefe des Meeres abnimmt. Das Meer reißt Stücke vom Lande los, zerbröckelt die Bestandtheile der Küste und führt sie fort. Entweder häufen sie sich auf dem Grunde an, und dieß muß — eine fortgesetzte Wirkung angenommen — zulezt zur Entstehung einer neuen Insel führen, die dann aber nicht plözlich wie ein vulkanisches Produkt, sondern sehr allmälig zur Insel wird, nachdem sie vielleicht Jahrtausende vorher Untiefe oder Sandbank war. Oder — und dieß ist der gewöhnlichere Fall — das vom Meere Losgerissene wird an andern Punkten der Küste angeschwemmt und vergrößert so die Continente und bereits bestehenden Inseln. Eine andere und vielleicht noch allgemeiner vorkommende Art der Vergrößerung wird durch die von den Gebirgen herabströmenden Flüsse bewirkt. Ihr anfangs reißender gewaltsamer Lauf ist zerstörend für die Massen, welche von ihren Gewässern berührt werden, sie werden losgerissen und mechanisch fortgeführt, indem sie, zu Boden gesunken, durch die darüber hinrollenden Fluthen vorwärts geschoben werden. So lagern sie sich endlich den Mündungen

der Flüsse vor. Andere Substanzen die sich im Wasser aufgelöst hatten, werden bei langsamerem Laufe desselben wieder niedergeschlagen und tragen das Ihrige zur Verschlammung der Mündungen bei. Die großen Flüsse der heißen Zone haben sich ihre Delta's wohl sämmtlich auf diese Weise geschaffen, und daß sie dieselben noch heut vergrößern, ist Thatsache. Daher sehen wir an der Stelle, wo der Nil, der Indus, der Mississippi sich ins Meer ergießen, die Küste convex gebogen, statt daß sonst die Mündung eines großen Flusses eher eine concave Biegung zu bedingen scheint, die auch herauskommt wenn man das Delta bis zur hintersten Bifurcation sich hinwegdenkt.

Die Gebirgsthäler sind auf diese Weise wohl größtentheils wo nicht entstanden, doch nach und nach vertieft, und vertiefen sich noch täglich. In den trockengelegten Flußbetten, die nur einen Theil des Jahres hindurch wirklich strömende Flüsse sind, erblickt man den ganzen Grund voller Gesteintrümmer, die das Wasser losgerissen und rundlich abgewaschen hat, und eben so ist es in den strömenden Gewässern, nur daß die Rollsteine dort in Bewegung sind. In dem Maße wie das Gefälle abnimmt und das Strömen langsamer wird, greift der Strom weniger sein Bett an, vielmehr fängt er nun an die Massen abzusetzen, die er aus den Gebirgen mit sich führte.

Die Verwitterung der Gesteinmassen an der Luft, befördert durch die atmosphärischen Niederschläge, kommt hinzu, diese verwitterten Massen kommen zuletzt, auf irgend eine Weise, den Ebnen und Niederungen zu gut, und so wachsen die Küsten, namentlich in der Nähe der Flußmündungen, auf Kosten der Gebirge.

Wenn solchergestalt das Meer hier wegnimmt, dort

abgibt; wenn durch die Wirksamkeit der atmosphärischen und Landgewässer noch außerdem die Flachküsten ins Meer vorgeschoben werden, so muß im Laufe der Jahrtausende das Meer allmälig andere Stellen einnehmen. Freilich wohl nicht in dem Grade, daß z. B. das jetzige indische Meer ein Continent, und Hochasien dagegen ein See gewesen wäre, doch aber so, daß eine in den frühesten Zeiten der Erde entworfene genaue Karte jetzt erheblich von der wahren Gestalt abweichen müßte.

Ritter zählt 14 Hauptströme der Erde auf, welche eine Deltabildung aufweisen, unter denen der Nil, Mississippi, Maranhon, Indus, Ganges, Jantsekiang, Hoangho und in Europa Rhein, Rhone und Donau die wichtigsten sind. Mehrere große Ströme, wie Plata, Lorenzo, Obi zeigen sie nicht oder noch nicht, denn es ist leicht möglich, daß diese Ströme die mitgeführten Schlammmassen nicht bis an die Mündung führen, sondern früher an die Ufer absetzen. Der Elbe z. B. fehlt es wohl nur scheinbar, da die Inseln, welche sich von Bergedorf bis jenseit Stade in der Elbe hinziehen, doch wohl nur von diesem Flusse selbst gebildet sind, der im Laufe der Zeit — nur freilich in einer langsameren Progression — sein ganzes breites Bett bis Cuxhaven hin mit Inseln erfüllen und dann deutlicher als jetzt ein Delta darstellen wird.

Schon Herodot, der sich überhaupt nicht leicht mit einer blossen Aufzählung historischer Thatsachen begnügt, wo er eine physikalische Erklärung glaubt geben zu können, äußert diese Meinung bei Gelegenheit seiner Erzählung, daß die ägyptischen Priester das Land unterhalb Memphis für eine Alluvion des Nil hielten. Ich glaube, setzt er hinzu, daß nicht allein das Land unterhalb Memphis,

sondern auch das oberhalb des Sees Möris drei Tagereisen weit liegende Land ein solches Geschenk des Nil sey. Er fügt hinzu, zur Zeit des Königs Möris habe der Fluß, wenn er nur 8 Ellen gestiegen, schon Aegypten unterhalb Memphis überschwemmt, jetzt müsse er wenigstens 15 Ellen steigen. Man hat aus dieser Aeußerung die Glaubwürdigkeit des Herodot'schen Berichts verdächtigen wollen, indem man das Resultat einer darauf gegründeten Rechnung nicht mit der Gegenwart übereinstimmend fand.*

§. 121.

Der gelbe Fluß (Hoangho) vergrößert China fortwährend, und der Meerbusen, in welchen er sich ergießt, hat Namen und Farbe von seinem Schlamme erhalten; allein der blaue Fluß (Jantsekiang) übertrifft ihn noch darin, obgleich seine Fluthen weniger getrübt erscheinen. An der Stelle, wo beide Flüsse ihre durch Seitenarme und künstliche Canalisation vereinigten Mündungen haben, tritt die Küste gleichsam bauchigt hervor. Marco Polo's vor 500 Jahren angefertigte Karte von China scheint dieß ebenfalls anzudeuten. Die Insel Tsong-Ming erscheint auf ihr noch nicht, obgleich die benachbarten viel kleineren Tschusan Inseln angegeben sind.

Vielleicht das größte aller Flußdelta's ist das, welches der Ganges bildet. Hier vereinigen sich alle Umstände, es zu begünstigen. Das höchste Gebirg des Erdballs sendet

* Möris lebte 900 Jahr vor Herodot und dieser 2200 Jahre vor uns, nun aber ist 900 : 2200 = 7 : 17 beiläufig, und es würde also jetzt ein Steigen von 17 + 15 = 32 Ellen nöthig seyn. Dieß stimmt nicht mit den jetzigen Wahrnehmungen; allein es liegt in der Natur der Sache, daß der Nil sein jetziges höheres Ufer nicht mehr in demselben Maße erhöhen kann, als das niedrigere vordem.

Alles seinem Südabhange entquellende Gewässer in vielen tausend Rinnsalen dem Punkte zu, wo der mit dem Ganges vereinigte Buremputer die Nordspitze des bengalischen Meerbusens trifft. Der Wellenschlag des Meerbusens ist, bei den herrschenden Südwinden, stets gegen diese Spitze gerichtet, und dringt selbst in die Arme des Flusses ein, durch dessen 100 auf eine Länge von 40 geographischen Meilen vertheilte Mündungen nach Rennel in jeder Sekunde sich 80,000 Kubikfuß Wasser während der trocknen Jahrszeit und wohl das dreifache während der Regenzeit ergießen. Die gegen einander gerichteteten Fluthen des Flusses und Meerbusens halten die mitgeführten Massen an diesem Punkte fest; sie werden abgesetzt. Vierzig Meilen oberhalb der jetzigen Mündungen beginnt schon das Delta bei Murschabad, und die unzähligen sich abzwingenden und wieder vereinigenden Arme bilden theils fruchtbare Inseln, theils sumpfige Wälder voller Raubthiere und Schlangen. In den alten indischen Mythen begegnen wir Erzählungen, welche sich auf dieses Vorschreiten des Landes beziehen.

§. 122.

Es entsteht noch die Frage, ob der Meeresspiegel überhaupt im Sinken oder Steigen begriffen sey, oder ob er sich konstant erhalte. Als ausgemacht kann man annehmen, daß bei den unter einander verbundenen Meeren kein einzelnes steigen könne, ohne daß gleichzeitig alle stiegen. Denn sollte auch bei großen, nur durch enge Straßen verbundenen Becken das Niveau nicht völlig gleich seyn, und z. B. das atlantische und schwarze Meer höher als das mittelländische, die Ostsee höher als die Nordsee stehen; sollte ferner bei Meeren, die durch Landengen geschieden sind, wie der Busen

von Akaba von dem Mittelmeere an der ägyptischen Küste, eine verschiedene Höhe gefunden werden, so ist dieß aus lokalen, aber bleibenden Ursachen zu erklären. Ein Meer, das weit mehr Zuströme im Verhältniß zu seiner Fläche erhält als ein andres, mit ihm nur durch eine Enge verbundenes, oder durch eine Landenge geschiedenes, kann nicht völlig gleich mit letzteren stehen, denn in diesem Augenblick würde der Strom aufhören, der den ungleichen Zufluß ausgleicht, und die Ungleichheit des Niveaus sich sogleich wieder erzeugen. Das völlig gleiche Niveau kann also in solchen Fällen nicht der bleibende Gleichgewichtszustand seyn, sondern dieser wird gerade in jener Ungleichheit, die konstant und jedenfalls sehr gering ist, gefunden werden müssen. Stände z. B. die Ostsee 3 Fuß über der Nordsee, so würde, wenn letztere 3 Fuß stiege (sofern die Ursache dieses Steigens nicht eine bleibende Vermehrung des Zuflusses ist) die Ostsee sofort auch um 3 Fuß steigen müssen, da keine Ursache vorhanden ist, einen Zustand, der vorher nicht bestehen konnte, jetzt möglich zu machen. Sobald demnach ein wirkliches Erheben oder Senken des Meeresspiegels an irgend einem Küstenpunkte bleibend Statt findet, so muß dieß gleichzeitig oder doch bald darauf an allen Punkten des Oceans eintreten.

Die Erfahrung spricht nun aber keineswegs dafür, daß Veränderungen dieser Art sich ereignen; die Wahrnehmungen, welche als ein Steigen des Seespiegels gedeutet werden könnten, halten denen, welche ein Fallen desselben an andern Orten vermuthen lassen, ziemlich das Gleichgewicht: es dürfte demnach sowohl das eine als das andere einer anderweitigen Erklärung bedürfen, und es bleibt daher, wenn anders die Thatsache hinreichend festgestellt ist, nichts

übrig, als mit Leopold v. Buch anzunehmen, daß das Land selbst von innen heraus sich allmählig emporhebe, oder im entgegengesetzten Falle tiefer herabsenke.

§. 123.

Welche Kräfte hier als wirksam angenommen werden müssen, läßt sich freilich nicht wohl bestimmen, und es bleibt nichts übrig, als die historischen Thatsachen sorgfältig zu sammeln. Das augenfälligste und am besten constatirte Beispiel ist die Veränderung, welche man in der (relativen) Höhe des Wasserspiegels an der schwedischen Küste wahrgenommen hat, und auf welche Celsius und Dalin aufmerksam machten. Ringe in den Felsen, welche den alten Wasserstand bezeichnen, liegen jetzt konstant über demselben. Klippen, die man früher gar nicht oder nur als kleine Spitzen sah, ragen jetzt mannshoch aus dem Meere empor. Städte, deren Einwohner hauptsächlich Fischfang treiben, haben tiefer herabgerückt werden müssen; Häfen, die sonst zugänglich waren, sind es jetzt nicht mehr.

Celsius glaubte ein Sinken des Wasserspiegels annehmen zu müssen, allein es ward mit Grund dagegen eingewandt, daß ein solches auch an andern Punkten des Meeres, zunächst aber an der finnischen, liefländischen und preußischen Küste und im Kattegat hätte bemerkt werden müssen, wo im Gegentheil das Verhältniß zwischen Land und Meer seit einer Reihe von Jahrhunderten als konstant nachgewiesen werden konnte.* Browallius führte sogar ein Beispiel an, daß man 2—3 Ellen unter dem Meere in einem

* Auch selbst die Geistlichkeit erhob sich gegen Dalins Behauptungen und brachte eine Klage beim Reichstage gegen ihn ein, weil seine Hypothese gegen die mosaische Schöpfungsgeschichte streite!

Baumstamm ein verrostetes Messer gefunden habe, woraus ein Steigen des Wasserspiegels gefolgert werden müsse, wenn man solche Folgerungen ziehen wolle. Auch v. Hoff glaubte aus diesen Gründen sich berechtigt, die von Celsius angeführten Wahrnehmungen als Alluvion zu bezeichnen, wobei er freilich eingesteht, daß das Hervortreten von Klippen zu dieser Erklärung nicht passe (Gesch. der Veränderungen auf der Erdoberfläche I. 407). Da jedoch später die beglaubigten Thatsachen sich mehr und mehr häuften, so trat derselbe Forscher (im III. Theile seines Werkes, der 1834, 16 Jahre später als der I. Theil erschien) der Meinung v. Buchs bei. Wir müssen hiernach annehmen, daß die Ostküste Scandinaviens, von ihrem südlichsten Punkte bis Torneo, sich allmählich, und zwar in 100 Jahren um etwa 3½ Fuß, emporgehoben. Auch die Ufer des finnischen Meerbusens sind nach neuern Untersuchungen etwas, wenn auch wahrscheinlich weniger als die schwedischen, emporgestiegen. Auf die gegenüberliegenden Ufer des baltischen Meeres erstreckt sich dieß Phänomen wahrscheinlich nicht, und eben so wenig auf die Umgebungen des Kattegat und die norwegischen Küsten.

§. 124.

Das entgegengesetzte Beispiel tritt uns im adriatischen Meere entgegen. Hier zeigt sich an mehreren Punkten, am deutlichsten an der dalmatischen Küste, ein Sinken des Bodens. Ein mit Marmorquadern gepflasterter Platz der Stadt Zara wird jetzt vom Meere überfluthet, früher diente er wahrscheinlich als Markt, und ähnliche Erscheinungen zeigen sich an mehreren Punkten dieser Küste und der gegenüber liegenden Inseln. Vielleicht tragen die häufigen Erdbeben, denen

diese Gegenden ausgesetzt sind, die Schuld dieser Erniedrigung des Landes.

Die Nachricht des Plinius, daß Scandinavien aus mehreren Inseln bestehe, sucht Dalin in Zusammenhang mit der Veränderung des Seespiegels in Bezug auf das Land zu bringen. Wenn das Land in 100 Jahren 3½ Fuß gegen den Wasserspiegel gewinnt, so beträgt dieß in 2000 Jahren 70 Fuß, wahrscheinlich aber in der Wirklichkeit beträchtlich mehr, da das Steigen des Landes, wie alle ähnlichen Phänomene, früher wohl stärker als jetzt war. Indeß würde doch die Hauptmasse durch den Gebirgsstock, der Schweden von Norwegen trennt und eine beträchtliche Breite hat, zusammengehalten worden seyn, wenn auch 3—500 Fuß hohe Punkte damals wassergleich standen. Die Nachricht des Plinius ist wohl richtiger auf die vielen Fjörds und Skären zu beziehen, welche noch heute einen großen Theil der Küsten Scandinaviens in Halbinseln und Inseln zerschneiden, und die damals tiefer eindringen mochten, so daß nur bei einer genaueren geographischen Kenntniß, als wir bei den Alten in Bezug auf diese Gegenden voraussetzen dürfen, entschieden werden könnte, ob das ganze Land oder nur ein Theil desselben damals von Meeresarmen durchzogen und zerschnitten wurde.

Auch im innern Lande scheinen Veränderungen der bezeichneten Art durch einzelne Wahrnehmungen angedeutet zu seyn. Man hat im Flachlande an Punkten, von wo aus man früher z. B. nur die äußerste Spitze eines entfernten Thurmes über den Horizont emporragen sah, nach und nach mehr und tiefer liegende Theile desselben gesehen. Entweder hatte sich der Thurm gehoben, oder der Standpunkt des Beobachters, oder das zwischenliegende Land hatte sich

gesenkt; eine Veränderung in obigem Sinne war also jedenfalls vorgegangen. Leider sind Wahrnehmungen dieser Art noch zu sehr vereinzelt und nur selten recht konstatirt, daher es noch nicht möglich ist, die Punkte näher zu bezeichnen, welche sich heben oder senken.

Es wird der Zukunft vorbehalten bleiben, zu entscheiden, in welcher Folge und nach welchen Verhältnissen die erwähnten Veränderungen vor sich gehen, und welches ihr genauerer innerer Zusammenhang sey. Was wir gegenwärtig aus vereinzelten, gewöhnlich sagenhaften und unvollständigen Berichten entnehmen müssen, davon wird sich die Zukunft, welche unsre Darstellungen der Länder und Meere in Karten, unsre Längen-, Breiten- und Höhenbestimmungen und anderweitiges wissenschaftlich geordnetes Material als sichre Thatsache besitzen wird, eine bestimmte Vorstellung bilden können, und die Vergleichung mit dem alsdann bestehenden Zustande wird den Zweifeln, die jetzt noch gegen unsre Schlüsse erhoben werden können, keinen Raum mehr geben. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, ist auch die kleinste und scheinbar unbedeutendste geographische Thatsache von Wichtigkeit.

§. 125.

Tafel der Längen, Breiten, Höhen und Mitteltemperaturen verschiedener Orte.

Die Absicht bei der nachfolgenden Tafel war keinesswegs, eine vollständige Uebersicht aller vorhandenen Bestimmungen zu geben, da eine solche bei dem Reichthum des vorliegenden Materials einen mehr als zehnmal so großen Umfang erhalten haben würde, sondern nur die wichtigeren

und namentlich solche Orte aufzuführen, für welche wir genaue und vollständige Beobachtungen und Messungen besitzen. Daß ihre Vertheilung eine ungemein ungleiche ist, wird nicht auffallen, wenn man bedenkt, daß die Bestimmungen, welche wir aus Mittel- und Südeuropa, sowie aus der nordamerikanischen Union besitzen, der Zahl wie dem innern Gehalte nach alle übrigen weit hinter sich zurücklassen. Hier ist daher oft eine Auswahl nöthig gewesen, so sind z. B. von den ungemein zahlreichen metereologischen Beobachtungsstationen des Staats Newyork nur diejenigen aufgenommen, wo die Beobachtungen acht volle Jahre umfassen, oder die sonst aus irgend einem Grunde besonders hervorzuheben waren. Aehnliches ist z. B. mit den böhmischen, württembergischen und andern Stationen geschehen. Die Längen- und Breitenbestimmungen im großen Ocean sind ebenfalls fast ganz übergangen. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die hier aufgeführten Bestimmungen, insbesondere was die Höhen und Temperaturen betrifft, kaum irgendwo als Definition anzusehen sind, und daß für nicht wenige schon jetzt eine Verbesserung und Vervollständigung nach einem mir nicht zur Hand gewesenen Material möglich wäre. — Noch bemerke ich, daß das " in der Rubrik Höhe nicht eine völlig meeresgleiche Lage, sondern nur eine am Meere und wenig über dem Spiegel desselben erhaben anzeigt. — Wo Sternwarten befindlich sind, beziehen sich die Längen- und Breitenangaben auf diese: sonst gewöhnlich auf den höchsten Thurm; bei Seestädten auch wohl auf den Leuchtthurm oder ein anderes, dem Schiffer wichtiges Signal. Südliche Breiten, westliche Längen und Kältegrade sind durch — (minus) bezeichnet; das + für die entgegengesetzten Größen ist dagegen überall weggelassen.

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere	Mittlere Temperatur im Januar.	Mittlere Temperatur im Juli.	Mittlere Temperatur im Jahr.	
Melville J.	74° 47′	— 93° 9′	0	— 28°,11R	4°,54R	— 13°,66R	Bei den Schiffen. Entfernt von ihnen 1°,3 kälter.
Port Bowen	73 13 39″	— 71 15 9″	0	— 26 57	2 02	— 12 68	
Nord Cap (J. Mageröe)	71 10 0	43 30 0	0	— 4 41	6 49	0 06	Das hohe Meer auch im Winter offen.
Wardehuus	70 22 36	48 47 30	0				
Boothia Felix	69 59	— 74 22	0	— 26 47	4 12	— 12 58	
Enontekis	68 30 0	39 17	0	— 14 00	12 26	— 2 30	
Igloolik J.	69 21	— 64 14	0	— 26 79	3 15	— 11 79	
Winter Insel	66 11	— 65 32	0	— 24 57	1 50	— 9 56	
Torneo	65 50 50	21 52 0	0	— 12 72	13 03	— 0 08	
Fort Franklin	65 12	— 105 34	230	— 24 15	8 94	— 6 59	
Uleaborg	65 1 30	43 8 10	0	— 10 82	13 14	0 54	
Archangelsk	64 32 8	38 13 8	0	— 11 25	12 74	0 64	
Fort Entreprise	64 28	— 95 27	850	(—24)	(7)	(—6)	Die Beobachtungen umfassen nur 9 Monat.
Reitiowig	64 8 26	— 4 15 40	0	— 0 97	10 75	3 27	Febr. — 1,64.
Umeo	63 49 0	37 57 7	65	— 9 16	13 00	1 37	
Drontheim	63 25 50	28 3 15	0	— 5 52	14 65	3 58	
Fort Simpson	62 11	— 103 53	0	— 20 20	14 00	— 3 07	
Thorshaven	62 2	10 53	0	2 88	10 61	6 04	Auf den Faröer Inseln.
Jakutsk	62 1 50	147 24 15				6 00	
Abo	60 26 58	39 56 45	0				
Bergen	60 24 0	22 57 39	0				
Helsingfors	60 9 42	42 37 30	0				
Petersburg	59 56 31	47 58 34	0	— 8 03	13 80	2 84	
Upsala	59 51 50	35 18 19	0	— 4 21	13 69	4 42	
Pulkowa	59 46 18	47 59 52					
Spydberga	59 30 0			— 8 16	15 46	2 34	
Stockholm	59 20 34	35 43 20	125	— 3 42	13 99	4 53	

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Stromneß	58° 57′	14° 21′	0	2°, 62R.	10°, 31R.	6°, 33R.	
Nowgorod	58 31 32″	42 10 40″					
Dorpat	58 22 47	44 23 13	280	- 6 66	13 63	4 00	
Tobolsk	58 12 39	85 58 25					
Gothenburg	57 41 18	29 34 9	0				
Alford	57 13	14 54	420	0 61	11 75	5 83	
Clunie Manse	57 12	15 4		1 82	12 53	7 20	
Aberdeen	57 8 58	15 33 51		2 19	11 89	7 90	
Pyschminsk	57 4	78 50		- 13 45	12 32	- 0 91	
Neu Archangelsk	57 3	117 39	0	11 02	11 20	5 91	Auf Sitka Kartasit, Monat Febr. 0,71. Wärmster Monat August 11,47.
Nain	56 57 50	43 41	0	15 49	7 95	2 89	
Riga	56 57 10	11 45 31	0			4 84	
Kinfauns Castle	56 23	14 20		2 15	11 75	6 76	
Andrews	56 21	14 51		2 27	12 52	7 28	
Dumfernline	56 5	14 13		1 39	11 15	5 71	
Edinburgh	55 57 20	14 28 53	0	2 39	11 87	6 60	
Glasgow	55 51 32	13 23 0	0	2 71	13 60	7 96	
Kasan	55 47 30	66 46 10		- 13 27	14 89	1 89	
Moskwa	55 45 13	55 17 30	921	- 7 90	14 40	3 62	
Memel	55 42 13	38 47 30	0				
Copenhagen	55 40 53	30 14 20	0	- 1 37	14 81	5 90	
Leadhills	55 25	13 51	1280	- 0 00	11 20	5 39	
Ripen	55 19 57	26 25 55	0				
Applegard Manse . . .	55 13	14 27	170	0 74	11 24	6 39	
Carlisle	54 54	14 41	38	1 92	12 08	6 87	
Königsberg	54 42 50	38 9 42	0				
Wilna.	54 41 0	42 57 36	375				
Arkona	54 49 49	31 6 5	102				Das nördlichste Cap Deutschl.

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.
J. Man	51° 26′ 0″	13° 15′ 0″	0	3°,60 R.	12°,08 R.	7°,61 R.
Armagh	54 21 13	11 1 25				
Danzig	54 21 4	36 19 22	0	— 2 02	14 03	6 08
Kiel	54 19 24	27 48 5	0			
Stralsund	54 18 20	30 45 2	0			
Kendal.	54 17	14 53		0 87	12 00	6 78
Elbing.	54 8 20	37 2 30	0			
New Malton	54 8	16 52		1 45	12 94	6 97
Lancaster	54 3 8	14 51 55		2 05	11 44	6 54
York	53 57 30	16 35 8				
Cumberland House . . .	53 57	— 84 38		— 20 09	13 24	— 1 76
Hafen Jlulik (Unalaschka) .	53 52 25	— 148 52 24	0	1 5	8 4	3 8
Lübeck	53 52 6	28 20 48				
Hamburg	53 32 51	27 38 9	0			
Altona	53 32 45	27 36 18	40			
Manchester	53 29 0	15 25 14	0	1 69	12 18	6 98
Liverpool	53 24 40	14 40 41	0			
Dublin	53 23 14	11 18 8	0	2 77	12 76	7 58
Aderley Rectory	53 20	15 19		1 76	11 72	6 76
Bremen	53 4 48	26 28 6		— 0 99	14 53	7 17
Boston (England)	52 48	17 34	0	1 85	14 01	8 00
Tambow	52 43 44	59 25 0		— 8 41	16 09	3 94
Berlin.	52 30 16	30 3 30	100	— 1 12	14 66	7 19
Harlem	52 22 54	17 41 53	0	1 19	14 15	8 39
Amsterdam	52 22 30	17 27 0	0			
Irkutzk.	52 17 2	121 5 57		— 15 69	14 60	0 01
Warschau	52 13 1	38 36 37	205			
Cambridge	52 12 50	17 45 29				
Leyden.	52 9 23	22 9 23				
Magdeburg	52 8 4	29 18 30	240			

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Mittlere Temperatur im Juli.	Mittlere Temperatur im Jahr.	
Bedford	52° 8′	17° 9′	0	1°,70R.	14°,36R.	8°,73R.	
Utrecht.	52 5 11″	22 47 3″					
Salzuflen.	52 5	36 19	245	— 0 48	14 46	7 46	
Haag	52 4 20	21 58 16					
Münster	51 58 10	25 17 31	190	0 58	13 89	7 56	
Emmerich	51 49 52	23 54 8	553				
Brocken Bg.	51 47 57	28 17 2	3546	— 7 19	8 48	1 03	
Cleve	51 47 15	23 48 18	297				
Oxford.	51 45 38	16 24 6					
Xanten	51 39 45	24 7 7	381				
Sagan	51 39 36	12 59 13	420	— 2 93	15 09	7 02	
Wesel	51 39 27	24 17 1	381				
Bushey Heath	51 37 44	17 19 24		1 89	13 78	7 80	
Göttingen	51 31 48	27 36 30	412				
London	51 30 49	17 33 49	30	1 40	13 86	7 69	
Middelburg	51 29 59	21 16 44		2 16	14 85	7 21	
Halle	51 29 28	29 37 30	340	— 2 27	15 38	6 93	
Greenwich	51 28 39	17 39 36					
Duisburg.	51 26 10	24 25 39	257				
Arolsen	51 23	26 37		— 0 74	13 41	6 94	
Leipzig.	51 20 20	30 2 25	306				
Cassel	51 18 58	27 3 39					
Elberfeld	51 15 24	24 49 39	372	0 99	14 41	8 02	
Ostende	51 13 47	20 35 3	0				
Düsseldorf	51 13 42	24 26 14	304				
Dower.	51 7 46	18 58 59	0				
Breslau	51 6 30	34 41 54	430	— 1 87	14 99	6 50	
Dresden	51 3 39	31 23 0	360	— 0 49	15 50	7 96	
Dünkirchen	51 2 12	20 2 23	25				
Cap Lopatka.	51 0 15	174 22 30	0				Südspitze von Kamtschatka.

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.
Weimar	50° 59′ 12″	28° 59′ 41″				
Erfurt	50 58 49	25 42 15	570	— 1°,04R.	15°,24R	7°,20R
Calais	50 57 33	19 31 0	213			
Jena	50 56 29	29 17 3	503	— 2 04	14 57	6 91
Cöln	50 56 29	24 27 38	168			
Gotha	50 56 6	28 23 43	950	— 3 22	16 81	7 27
Freiberg	50 55	31 0	1232	— 1 70	15 68	7 26
Zittau	50 54	32 27	956	— 1 82	15 92	7 52
Brüssel	50 51 11	22 1 46	315			
Mastricht	50 51 7	23 30 46		— 0 13	15 16	8 09
Marburg	50 48 59	26 26 5		— 0 94	13 82	7 11
Portsmouth	50 48 3	22 1 46	0			
Gosport	50 47	16 32		3 11	14 24	8 80
Tetschen	50 47	31 51	28[illegible]	— 2 24	16 09	7 22
Altenberg	50 45	31 23	2320	— 4 53	16 13	6 21
Bonn	50 44 1	24 45 7	421			
St. Peter	50 41	33 18	2500	— 3 88	12 31	4 37
Hohenelbe	50 38	33 13	1403	— 3 45	13 13	5 36
Schüttenitz	50 33	31 50		— 2 66	15 87	7 41
Rottenhaus	50 31	31 6	1173	— 2 83	15 22	6 53
Kiew	50 27 0	48 7 30				
Oberwiesenthal	50 25	30 38	2777	— 3 14	14 97	6 26
Plymouth	50 22 20	13 32 20	0			
Coblenz	50 21 39	25 15 44	360			
Saar	50 20	33 32	790	— 2 72	15 62	7 61
Königsgrätz	50 13	34 50	714	— 2 80	15 27	6 43
Smetschna	50 11	31 41	1077	— 3 21	15 21	6 38
Falmouth	50 9 14	12 34 41	0			
Penzance	50 7	12 6		4 77	14 78	8 89
Frankfurt a. M.	50 6 43	26 21 0	22[illegible]			

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.
Prag	50° 5 19	32° 4 58	567	— 1°,53R	16°,53R	8°,22R
Eger	50 5	32 22	1362	— 3 91	14 35	5 81
Mainz	49 59 44	25 56 8	541			
Tepl	49 58	30 32	2022	— 4 13	12 64	4 91
Bayreuth	49 57	29 14	1050	— 2 26	13 74	6 34
Landskron	49 55	34 16	1025	— 3 67	15 08	6 37
Würzburg	49 46 6	27 35 15	484	0 31	16 43	8 33
Pilsen	49 114 43	31 3 21	880	— 3 40	15 31	6 78
Worms	49 37 48	26 1 43	464			
Deutschbrod	49 36	33 14	1238	— 3 15	14 56	6 32
Herzogenaurach	49 36	28 35		— 1 81	15 81	7 40
Brzeznitz	49 34	36 37	1422	— 3 42	14 29	6 18
Havre	49 26 16	17 46 15	126			
Mannheim	49 29 13	26 7 30	301	— 0 49	16 47	8 09
Nürnberg	49 27 30	28 44 26	891			
Rouen	49 26 29	21 14 32	300			
Tabor	49 24	34 39		— 3 67	15 55	6 48
Heidelberg	49 24	26 22	310	— 0 72	17 04	8 66
Soissons	49 22 53	20 59 18	315			
Speier	49 19 4	26 6 28	471			
Rheims	49 15 15	21 41 49	513			
Zweibrücken	49 14 48	25 1 48				
Rebberg	49 6	31 7	2540	— 4 91	12 23	1 29
Neu Bistritz	49 2	32 46	1909	— 4 39	12 96	4 64
Carlsruhe	49 1	26 4	380	— 0 26	15 77	8 29
Regensburg	49 0 53	29 46 0	1050	— 2 28	15 09	6 92
Rastadt	48 51 29	25 52 11	509			
Paris	48 50 13	20 0 0	200	1 54	15 03	8 66
Stuttgart	48 46 30	26 50 45	762	— 0 99	15 33	7 86
Nancy	48 41 31	23 51 0	846			

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.
Hohenfurth	48° 37′	32° 59′	1711	— 3°,97R.	14°,03R.	5°,37R
Straßburg	48 34 57″	25 24 54″		— 0 43	15 31	7 86
Ulm	48 23 50	27 39 15	1130			
Augsburg	48 21 44	28 34 7	1470	— 2 95	14 50	6 57
Linz	48 18 54	31 56 31				
Wien	48 12 33	34 2 50	451	— 1 08	17 60	8 57
München	48 8 20	29 16 15	1590	— 1 07	14 55	7 32
Sigmaringen	48 5	26 53	1813	— 3 84	15 63	7 00
Kremsmünster	48 3 29	31 47 40	1080	— 2 58	14 41	6 27
S. Andechs	47 58 28	28 50 47	2258	— 1 17	15 87	6 94
Orleans	47 51 53	19 34 24	357			
Langres	47 48 10	17 0 5	1454			
Peißenberg	47 48 5	28 40 41	3057	— 1 23	12 20	4 82
Salzburg	47 48	30 41 48	1390			
Tegernsee	47 42 27	29 25 22		— 1 61	13 74	5 73
St. Johns	47 34	— 34 59	140	— 3 85	10 73	2 84
Basel	47 33 24	25 15 30	755	— 0 55	15 60	7 80
Ofen	47 29 44	36 42 52		— 2 00	17 52	8 55
Viviers	47 29 14	22 20 45	175			
St. Gallen	47 25 39	27 2 18	1700	— 1 32	14 84	8 17
Dijon	47 19 19	22 41 54	1040			
Innsbruck	47 16 10	29 3 41	1770	— 2 20	14 69	7 46
Besançon	47 13 46	23 41 56	1206			
Neufchatel	46 59 33	24 35 32	1346			
Nicolajew	46 58 21	49 38 24	563	— 4 21	17 93	7 48
Bern	46 57 6	25 6 17	1700	— 2 45	13 63	6 18
Cherson	46 38	50 17	0	— 2 02	17 30	7 88
Poitiers	46 34 55	18 0 9	363			
St. Gotthardt Hosp. . .	46 32 1	26 11 8	6139	— 5 95	5 77	0 68
Lausanne	46 31 22	24 17 43	1626			

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Mittlere Temperatur im Juli.	Mittlere Temperatur im Jahr.	
Odessa	46° 28′ 55′	48° 23 50′					
Bormio	46 27 47	28 2 16	3884				
Monte Foscano	46 27 43	27 51 32	9484				
Aquila Gletscher	46 26 10	26 41 47	10360				
Caverno Gletscher	46 24 26	26 7 40	10082				
Soglio	46 24	27 12	3400	— 0 ,99R.	13°,87R	6°,61R	
Colomby de Gex	46 19 21	23 39 33	5197				
Chiavenna	46 18 59	27 3 58	1048				
Finsteraarhorn	46 12 36	25 47 33	13202				
Genf	46 12 0	23 48 41	1253	— 0 33	14 85	7 75	
Bellinzona	46 11 20	26 40 55	932				
Edolo	46 10 36	27 59 46	2320				
Sondrio	46 10 0	27 31 56	1145				
Rochelle	46 9 24	16 30 20	0	3 80	16 46	9 32	
Belluno	46 7 59	29 52 43	1359				
Domo d'Ossola	46 6 43	25 57 0	941				
Monte Legnone	46 5 25	27 4 28	8038				
Trient	46 3 59	28 44 37	980	0 54	19 45	9 74	
Görz	45 56 22	31 17 21	265	4 00	18 07	10 50	
Monte Rosa	45 56 1	25 31 42	14270				
Conegliano	45 53 5	29 57 21		2 30	18 80	10 83	
St. Bernhard Hosp.	45 50	23 45	7670	— 6 94	5 44	— 0 69	
Montblanc	45 49 58	24 31 30	14767				
Bassano	45 45 45	29 23 46	502				
Lyon	45 45 44	22 29 10	907				
Castel France	45 40 1	29 35 19	139				
Triest	45 38 50	31 26 17	709	2 78	18 05	10 40	
Vicenza	45 32 46	29 13 9		— 0 62	19 42	10 34	
Brescia	45 32 19	27 53 8	488	1 73	18 80	10 74	
Pirano	45 31 29	31 30 50	89				

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Montreal	45° 31′	— 55° 56′		— 7°,55R	18°,48R.	6°,09R	
Mailand	45 28 1″	26 50 56″	394	0 54	19 00	10 25	
Verona	45 26 8	28 38 50	200	2 48	19 54	11 55	
Venedig	45 25 55	29 59 58	0	1 46	19 13	10 46	
Padua	45 24 3	29 31 44	40	1 47	18 32	9 99	
Arcole	45 21 9	28 56 30	156				
Mont Cenis Hosp.	45 18	24 42	6036	— 5 72	13 31	4 30	
St. Jean de Maurienne	45 18	23 57		— 0 66	15 90	7 76	
Monte Maggiore	45 16 48	31 51 51	4302				
Grenoble	45 11 57	23 23 20	1539				
Pavia	45 11 6	26 49 21	316	0 03	19 50	10 70	
Mantua	45 9 34	28 27 37	49				
Cremona	45 8 1	27 41 22	139				
Rovigno	45 4 42	31 17 35	120				
Turin	45 4 8	25 21 12	750	0 93	18 58	9 91	
Adria	45 3 6	29 43 10	175				
Chaberton Bg.	44 57 54	24 21 53	9642				
Simferopel	44 57	51 46	783	— 0 24	16 41	8 35	
Pola	44 51 53	31 30 21	116				
Bordeaux	44 50 19	17 5 4	22				
Penetanguishene	44 48	— 63 1	600	— 4 72	17 06	5 12	
Promontorio	44 48 36	31 34 46	236				
Reggio	44 41 39	28 17 10	320				
Monte Viso	44 40 2	24 45 10	11820				
St. Louvrence	44 40	— 57 22	394	— 6 37	16 09	4 99	
Sewastopol	44 36 51	51 11 9	151	0 83	18 01	9 31	
Bologna	44 29 54	29 0 36	272	1 67	20 76	11 48	
Governor	44 25	— 57 56	490	— 5 56	15 84	4 77	
Genua	44 24 18	26 34 0	340				
Imola	44 20 55	29 22 19	296				

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.
Camajore	43° 54′	28° 0′		4°,84 R.	18°,50 R.	11°,44 R.
Lucca	43 50 49″	28 10 25″	0	3 22	19 72	11 95
Louville	43 47	— 57 54	800	— 5 63	16 00	5 34
Florenz	43 46 41	28 55 0	205	3 98	20 02	12 19
Pisa	43 43 12	28 3 34	0	4 64	19 05	12 10
Cascina	43 42	28 12		4 33	18 82	11 32
Nizza	43 41 58	24 56 32	166	6 61	18 56	12 48
Ancona	43 37 42	31 10 11	0			
Toulouse	43 35 40	19 6 13	452			
Livorno	43 32 41	27 57 25	0			
Bayonne	43 29 29	16 11 3	188			
Siena	43 19 16	28 59 56	1000	3 53	18 13	10 70
Marseille	43 17 50	23 1 54	90	4 97	19 51	9 81
Concord	43 12	— 53 50		— 3 73	15 69	5 73
Lewiston	43 9	— 61 31	280	— 2 58	17 44	6 97
Rochester	43 8	— 60 12	506	— 2 78	17 29	6 48
Toulon	43 7 28	33 35 37	68			
Utika	43 6	— 57 34	173	— 3 78	15 96	6 40
Fairfield	43 5	— 57 16	1185	— 4 13	15 07	5 14
Cambridge	43 1	— 59 44		— 4 11	16 42	5 94
Johnston	43 0	— 56 44		— 4 96	16 60	5 74
Onondaga	42 59	— 58 27		— 2 34	16 47	7 03
Pompeij	42 56	— 58 26	1300	— 4 92	15 26	6 95
Auburn	42 55	— 58 49	650	— 2 97	16 92	6 72
Bridgewater	42 55	— 57 38	1286	— 5 05	15 40	4 74
Canandaigna	42 50	— 59 36	150	— 3 72	17 02	6 23
Hamilton	42 49	— 57 55	1127	— 4 37	15 33	5 46
Middelburgh	42 49	— 60 31	800	— 2 58	16 44	6 86
Cherry Valley	42 48	— 57 8	1335	— 4 42	15 90	5 46
Lansinburgh	42 47	— 56 1	30	— 3 72	17 85	7 33

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Perpignan	42° 41′ 55′	20° 33′ 55′	222				
Bastia	42 41 36	27 6 59					
Montperdu	42 40 35	17 41 46	10321				
Pic Posets	42 39 19	18 5 50	10370				
Albany	42 39 3	— 56 5 13	130	— 3°,32R	17°,72R	7°,22R.	
Maladetta Westpik . . .	42 38 50	18 18 8	10196				
Hartwik	42 38	— 57 22	1100	— 4 26	15 67	5 98	
Cortland	42 38	— 58 32	1096	— 3 78	15 26	5 24	
Maladetta Ostpik	42 37 54	18 19 7	10470				Höchste Pyrenäenspitze
Hartwik	42 38	— 57 22	1100	— 4 26	15 67	5 17	
Salem.	42 37	— 53 14 6		— 3 83	18 00	7 49	
Canigou Bg.	42 33 30	20 7 8	8569				
Oxford	42 31 10	— 58 53	961	— 4 56	16 07	5 68	
Ithaca (N. Am.)	42 27	— 58 51	417	— 2 12	17 02	7 00	
Fredonia	42 26	— 61 45	645	— 2 36	17 60	6 86	
Puycerda	42 25 59	19 35 18	3826				
Kinderhook	42 23 8	— 56 7 48	125	— 4 52	16 92	6 56	
Cambridge	42 22 21	— 53 27 49	210	— 3 12	17 97	7 38	
Boston (N. Am.)	42 21 23	— 53 24 33	0	— 2 56	17 96	7 67	
Hudson	42 15	— 56 6	150	— 3 80	17 57	7 10	
Redhook	42 2	— 56 17		— 3 40	17 09	6 96	
Kingston	41 55	— 56 23	188	— 2 46	18 31	7 72	
Rom	41 45 6	30 6 50	158	5 80	19 12	12 34	
Tiflis	41 41 4	62 30 15					
Dutcheß	41 41	— 56 18		— 3 07	18 46	8 90	
Neu Bedford	41 38 7	53 16 13		— 1 96	16 80	7 69	
Montgommery	41 32	— 56 21		— 2 77	17 85	6 98	
Newburgh	41 30	— 56 6	150	— 1 90	17 50	7 55	
Council Bluffs	41 25	— 78 4		— 4 13	20 21	9 23	
Barcellona	41 21 44	19 49 42	204				

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Nord Salem	41° 20′	— 56° 58′	170	— 2°,44R.	17°,96R.	7°,22	
Mount Pleasant	41 9	— 56 8		— 1 85	17 44	7 59	
Clinton	41 0	— 52 50	16	— 0 96	15 26	7 12	
Neapel.	40 51 47″	31 54 57″	0	7 17	19 92	13 38	
Vesuv	40 48 60	32 7 10	3690				
New York	40 42 45	— 56 20 27	0				
Union Hall	40 41	— 56 19		— 1 15	— 17 39	7 80	
Erasmus Hall	40 37	— 56 19	40	— 0 36	18 07	8 53	
Razu Bg.	40 25 16	26 40 30	3840				
Madrid	40 24 57	26 2 15	1871				
Gennargentu	40 0 57	26 58 24	5885				
Philadelphia	39 57 2	— 57 30 40	0	— 2 53	19 25	9 52	Der Januar um 1°,56 kälter als in dem 25° nördlicher liegenden Island.
Peking.	39 54 13	134 8 30					
Ararat Bg.	39 42 24	61 57 29	16700				Vor dem Einsturz des Gipfels.
Linas Bg.	39 26 49	26 17 24	3816				
Marietta	39 25	— 63 51		— 0 11	18 20	9 26	
Cagliari	39 13 14	26 47 24	0	7 32	19 66	13 56	
Washington	38 53 25	— 59 22 24	0	2 87	20 84	10 91	
Guiona Bg.	38 38 40	39 55 2	7723				Höchster in Griechenland.
Delphi Bg.	38 37 26	41 30 22	5370				
Parnassus g.	38 31 56	40 17 14	7567				
Smyrna	38 25 38	44 48 6	0				
Helicon Bg.	38 17 47	40 32 46	5383				
Messina	38 11 3	33 14 30	0	10 22	19 19	14 61	
Palermo	38 6 44	31 1 0	229	8 63	19 44	13 84	
Elie d'Oro Bg.	38 3 26	42 7 55	4320				
Olonos Bg.	37 59 8	39 29 57	6840				
Kelmos Bg.	37 58 9	39 51 56	7245				

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Athen	37°58′ 8″	41°23′30″	178				
Hymettus Bg.	37 56 37	41 28 45	3161				
Aetna, Gemellaro's Haus	37 45 40	32 41 10	9202	— 7°,27R.	6°,26R.	— 1°,04R	
Makronisi	37 44 17	41 48 15	864				
Aegina	37 41 53	41 9 40	1638				
Cap Colonna, Tempel	37 38 51	41 41 24	252				
Argos	37 38 9	40 22 49	889				
Nauplia	37 33 39	40 27 34					
Tripolizza	37 30 31	40 2 18	2040				
Nikolosi	37 30	32 42	2175	8 18	21 70	14 41	
Hydra	37 19 31	41 7 27	1808				
Spezia	37 15 16	40 48 22	759				
Giamour J.	37 7 43	28 28 31	1383				
Sparta	37 4 37	40 5 20	749				
Taygetus Bg	36 57 1	40 0 54	7414				
Almeria	36 52 30	15 8 18	0				
Cap Cartago	36 52 22	28 1 25	390				
Algier	36 47 20	20 44 10	0				
Cadix	36 32 0	11 22 23	0				
Jurgura Bg.	36 27 45	21 39 24	6540				
Constantine	36 22 21	24 16 36	2043				
Nashville	36 9 33	— 69 9 27	0	1 83	21 13	12 30	Thorshaven, 26° nördlicher, hat einen um 1°,05 milderen Jan.
Gibraltar	36 6 42	12 18 58	0				
Ceuta	35 54 4	12 23 30	0				
Fez	34 6 3	12 38 26					
Nangasaki	32 45 0	147 31 36	0				
Ispahan	32 39 34	69 24 22					
Funchal (J. Madera)	32 37 40	0 44 41					
Savannah	32 4 56	— 63 27 33	0	9 63	21 94	16 16	

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Nanking	32° 4′ 40″	136°,27′ 0″	0				
Jerusalem	31 47 47	52 51 15					
Natchez	31 33 48	— 73 45 6		7°,78R.	21°,77R	15°,05R	
Cantonnem. Jesup	31 30	— 76 8		9 89	22 91	16 14	
Alexandria	31 12 53	47 32 35	0				
Cairo	30 2 4	48 55 12					
Neu Orleans	29 57 47	— 72 27 27	0	9 58	21 37	15 65	
St. Augustin	29 50	— 63 48	0	12 93	22 68	17 88	
St. Philippe Fort	29 29	— 71 42		9 34	22 02	16 92	
Sinai Bg.	28 27 57	51 38	7035				Die Spitze des Djebel Musa.
St. Cruz (Teneriffa)	28 27 57	1 24 52		14 15	20 12	17 31	
Pic von Teneriffa	28 16 21	1 1 1	11410				
Ferro J. Westspitze	27 54 0	— 0 30 0	0				
Las Palmas (Gran Canaria)	27 50	2 32		13 30	18 50	17 00	October 23,16 der wärmste M.
Key West	24 34	— 64 14		16 67	22 51	19 83	
Canton	23 8 9	130 56 30	0				
Matanzas	23 2	— 63 59		18 45	22 01	20 59	
Calcutta	22 33 11	106 0 3	0				
Macao	22 11 25	131 13 53	0				
Owhyhee (Bai Karakakua)	19 28 9	— 138 22 39	0				
Mexico	19 25 45	— 81 25 30	7009				
Bombay	18 57 7	90 31 19	0				
Antonio	18 20	— 58 41		19 38	21 22	20 22	
Tiburon (S. Domingo)	18 19 25	56 54 15		16 45	29 00	18 33	
Massaua	15 36	57 9	0	(20 75)	(29 00)	(24 80)	Nur 7 Monat Beobachtungen. Vergl. Rüppells Reise in Abyssinien.
Pelée Bg.	14 48 52	43 29 52	4159				
Pitou du Carbé Bg.	14 41 57	— 43 27 14	3715				
Manilla	14 29 30	138 32 59	0	16 00	24 44	20 63	
Madras	13 4 9	97 56 57	0	19 21	24 77	22 08	

	Breite.	Länge von Ferro.	Höhe über dem Meere.	Mittlere Temperatur im Januar.	Juli.	Jahr.	
Fort S. George	13° 0′	1° 5′	0	18°,22R	24°,45R.	22°,00R	
Gondar	12 36	55 11	6964	(14 04)	(18 20)	16 10	(Wie bei Massaua.)
Cumana	10 27	— 45 15	0	21 52	20 88	22 16	Wärmster Mon. Mai = 23,36.
Cap Sierra Leona	8 29 55″	4 20 36″	0	22 00	20 88	21 76	Wärmster Mon. April = 23,36.
Candy	7 18	98 19		16 28	18 16	18 24	Wärmster Mon. Mai = 19,12.
Rio Berbice	6 29	— 39 45		20 64	22 72	22 00	Wärmster Mon. Aug. = 23,28.
Paramaribo	5 44	— 37 40		20 55	21 36	21 44	Wärmster Mon. Sept. = 22,80.
Commewyne, Mündung	5 38	— 38 0		20 55	20 48	20 51	Wärmster Mon. Dez. = 21,28.
Bogota	4 35 48	— 56 34 8	8190	12 56	11 36	12 32	Aug. am wärmsten = 13,28.
Quito	— 0 14 0	— 61 5 30	8951				
Cuença	— 2 55 3	— 61 33 38	8106				
Batavia	— 6 8 55	124 32 57	0	21 44	20 72	21 44	
Caxamarca	— 7 8 38	— 60 55 37					
Fort Dundas	— 11 25	147 45	0	22 88	18 40	21 60	Dezember 22°,36.
Lima	— 12 2 34	— 59 27 45	642				
Puno	— 15 50 28	— 52 42 0	12040				
Chucuito	— 15 54 30	— 52 36 9	12219				
St. Helena	— 15 55 0	11 56 47	0			12 40	
Arequipa	— 16 24 11	— 54 14 12	7210				
La Paz	— 16 30 3	— 51 12 0	11439				
Cochabamba	— 17 21 35	— 48 12 0	7923				
Oruro	— 17 58 27	— 49 53 0	11670				
Chuquisaca	— 19 3 0	— 46 46 30	8754				
Potosi	— 19 35 18	— 47 45 0	12825				
Rio Janeiro	— 22 54 23	— 25 30 0	0				
Capstadt	— 33 56 3	36 8 21	0				
Chatam J.	— 43 48 0	159 18 24	0				
Port Louis (Falklands)	— 51 32 0	— 40 27 40	0	11 56	2 22	6 99	
C. Pilares	— 52 42 50	— 57 3 44	0				
Sarmiento Bg.	— 54 27 15	— 53 11 39	6381				
C. Horn	— 55 58 41	— 49 36 24	0				

Druckfehler.

Seite 5 Zeile 5 v. o. nach Horizontalebene hinzuzufügen bilden.
,, 10. 11. 12 ist statt A jedesmal λ zu setzen.
,, 20 Zeile 12 v. u. statt 178 Stunden lies 178 Tage.
,, 23 ,, 4 v. o. statt SEM lies SME.
,, 36 ,, 11 v. u. statt (A′—A) lies (l′—l).
,, 44 ,, 6 v. u. statt Roscowich lies Boscowich.
,, 63 ,, 10 v. o. ist nach Radius Vector das Wort Breite zu streichen.
,, 72 ,, 1 v. u. statt (Pic Aiquille) lies Pic, Aiguille).
,, 90 ,, 3 v. o. nach S : M setze =
,, 95 ,, 8 v. o. statt liegt lies biegt.
,, 128 ,, 12 v. o. statt — 40° lies — 44°.
,, 134 ,, 4 v. o. lies Schneemassen statt Schneewasser.
,, 137 ,, 12 v. o. lies nie statt ein.
,, 175 ,, 17 v. o. lies Pozzuoli statt Pazzuoli.

Zur

Physik der Erde.

Vorträge für Gebildete

über

den Einfluß der Schwere und Wärme

auf die

Natur der Erde.

Von

Dr. H. Buff,

Professor der Physik an der Universität Gießen.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

Vorwort.

In dem vorliegenden kleinen Werke habe ich den Versuch gewagt, in einer Reihe von Vorträgen und ohne mehr als die jedem Gebildeten zugänglichen Kenntnisse vorauszusetzen, die größten und umfassendsten Vorgänge auf der Erde, so wie die Ursachen durch welche sie bedingt werden und ihren Einfluß auf die Beschaffenheit und die Zustände der Erdoberfläche auseinanderzusetzen.

In der neueren Zeit haben die Fortschritte der Wissenschaft zu neuen und merkwürdigen Aufschlüssen über die Temperatur und Gestaltung des Erdkörpers, über die Bewegungen in den Meeren und in der Atmosphäre, so wie über ihr Zusammenwirken zur Erhaltung des Klimas und der Bewohnbarkeit der Länder geführt. Wie groß und wie allgemein die Theilnahme für diese Forschungen ist, davon zeugen die an so vielen Orten angeregten Vorträge über diese und ähnliche Gegenstände der Naturwissenschaft. Die vorliegenden Vorträge über die wichtigsten Fragen aus der Physik der Erde verdanken

einer ähnlichen Anregung ihre Entstehung. Durch Veröffentlichung derselben beabsichtige ich nicht sowohl den Fachgenossen Neues zu bringen, als dem größeren Kreise Unterrichteter ein Hülfsmittel zur Erlangung klarer Einsicht und genauerer Verständniß dieser großen Naturerscheinungen darzubieten; und ich würde mich glücklich schätzen, wenn es mir gelungen sein sollte, durch die Form und die Darstellung diesen Zweck zu erfüllen.

Gießen, August 1850.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Vortrag.

Einleitung.

Wirksamkeit der Schwere und ihr Ziel.

Die wechselnden Zustände der Erde und der sie umgebenden Lufthülle; die großen Veränderungen, welche im Laufe der Zeiten ihre Oberfläche erlitten hat; die geheimnißvollen Kräfte im Innern der Erde haben durch die zahlreichen, auffallenden Erscheinungen von welchen sie begleitet sind, oder welche durch sie hervorgerufen werden, so wie durch ihren unmittelbaren Einfluß auf die physische Wohlfahrt des Menschengeschlechts, die Aufmerksamkeit von jeher auf das lebhafteste beschäftigt. Zu allen Zeiten sind daher denkende Menschen bemüht gewesen sich über den innern Zusammenhang jener Lebensäußerungen unseres Weltkörpers Aufklärung zu verschaffen. Gegenwärtig kann man nicht mehr bezweifeln, daß jene gewaltigen Erschütterungen und Umwälzungen, welche die Erde in der Vorzeit erfahren haben muß und welchen sie ihre jetzige Gestalt und Beschaffenheit verdankt, Äußerungen derselben Naturkräfte waren deren bald bildenden,

bald zerstörenden Einfluß wir auch jetzt noch in voller Thätigkeit erblicken.

Zwei Naturkräfte, deren Wirksamkeit sich durch das ganze Weltall erstreckt und eine Wechselbeziehung zwischen allen Himmelskörpern bedingt, die Schwere und die Wärme, erscheinen zugleich als die mächtigsten Triebfedern der wechselnden Zustände unserer Erde und aller Umwälzungen, welche sie betroffen haben.

Die Schwere ist das Princip der Anziehung und Erstarrung, die Wärme das der Ausdehnung und Beweglichkeit. Alle materiellen Theile sind gleichzeitig Träger dieser beiden Naturthätigkeiten; aber während uns die Physik die Schwere als eine anziehende Kraft kennen lehrt, welche alle Körpertheile gleichmäßig und bei gegebenem Abstande mit unveränderlicher Stärke gegen einander äußern, so jedoch, daß sie bei zunehmender Entfernung der einander anziehenden Theile abnimmt, zeigt sie uns die Wärme als ein äußerst flüchtiges Wesen, das mit größerer oder geringerer Leichtigkeit den Raum aller Körper durchdringt, denselben bald mehr bald weniger erfüllt und sich von seinem Ausgangspuncte, nämlich von jedem Körper aus strahlenförmig, d. h. in gerader Linie nach allen Richtungen ergießt. Die Wirksamkeit der Wärmestrahlen vermindert sich übrigens bei zunehmender Entfernung von der Quelle nach demselben Gesetze wie die Schwere.

Die allgemeine Schwere (Gravität), die wechselseitige Anziehungskraft aller Weltkörper, verknüpft die Erde

mit ihrem Gefährten dem Monde; sie leitet die Bewegung des letzteren um die erstere und beider jährliche Umdrehung um die Sonne. Sie erhält das Gleichgewicht unseres Sonnensystems so wie das des ganzen Weltgebäudes.

Die irdische Schwere, die gegenseitige Anziehung der Erdtheile, strebt diese um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct zu ordnen. Denkt man sich die Erde ruhend und mit Wasser bedeckt, so müssen sich die Anziehungen ihrer sämmtlichen Theile gerichtet gegen ein Theilchen an der Oberfläche zu einer gemeinschaftlichen anziehenden Kraft zusammensetzen, welche gegen die ruhende Oberfläche senkrecht einfällt. Denn bei jeder andern Richtung der Kraft würde die Flüssigkeit ihr nachgeben und sich der Oberfläche entlang bewegen müssen, letztere also sich nicht in Ruhe befinden können. Die Größe der gemeinschaftlichen Anziehung sämmtlicher Erdtheile ausgeübt gegen irgend einen dieser Theile, d. h. gegen einen beliebigen Erdkörper ist das, was man das Gewicht dieses Körpers nennt. Man sieht nun, warum die Richtung des Drucks den ein Körper vermöge seines Gewichtes äußert, auf der Oberfläche ruhender Gewässer senkrecht stehen muß, und dieß unabhängig von der Gestalt der Erde. Diese Gestalt könnte übrigens bei der als ruhend angenommenen und mit Wasser bedeckten Erde keine andere als die der Kugel sein; weil sie die einzige ist, bei welcher alle Theile der Oberfläche eine gleiche gegenseitige Lage behaupten, folglich eine gleich starke Anziehung erfahren; also die einzige Gestalt bei welcher, die Erde

selbst als ruhend vorausgesetzt, eine ruhende Oberfläche möglich ist.

Die Erde ist jedoch nicht ruhend, sie dreht sich täglich einmal um ihre Axe und nöthigt dadurch jeden Punct ihrer Oberfläche einen Kreis zu beschreiben. Die Umfänge dieser Kreise fallen mit denen der Parallelkreise oder mit den Breitegraden der Erdkugel zusammen. Ihre Halbmesser sind nicht gleich, sie vergrößern sich von den Polen aus bis zum Äquator hin, wo sie ihre größte Länge erreichen. Nun weiß man, daß jeder Körper der, ähnlich dem an einem Faden befestigten Gewichte, im Kreise herumschwingt, ein Bestreben erhält sich vom Mittelpuncte der Drehung zu entfernen, und sich auch wirklich entfernt, wenn er nicht hinlänglich festgehalten wird. Man nennt dieses Bestreben die Schwungkraft. Ihre Stärke wächst, wie der einfachste Versuch sogleich erkennen läßt, mit der Größe der schwingenden Masse und mit der Schnelligkeit der Umdrehung. Vollenden zwei Körper von gleichem Gewichte in gleicher Zeit ihre Umdrehung, wie dieß z. B. bei allen Erdkörpern der Fall ist, so gewinnt derjenige die größte Schwungkraft, welcher die größte Kreisbahn beschreibt.

Vermöge der täglichen Umwälzung der Erde um ihre Axe müssen auch die Erdtheile Schwungkraft erhalten. Dieselbe ist unter dem Äquator am größten, nimmt ab bei zunehmender Breite und verschwindet an den Polen.

Die Schwungkraft ist unter dem Äquator der Schwere unmittelbar entgegengesetzt. Letztere ist aber weit größer,

sonst müßten die Erdkörper fortgeschleudert werden. Man hat berechnet, daß bei 17mal größerer Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, die daraus entspringende Schwungkraft unter dem Äquator der Schwere gerade gleich kommen würde. Die Körper würden dann an jener Stelle gewichtslos erscheinen und irgend ein Gegenstand, in die Höhe geworfen, würde nicht auf die Erde zurückkehren, sondern ähnlich dem Monde dieselbe umkreisen.

In der That befindet sich der Mond in dem Zustande eines Körpers dessen Schwungkraft mit seiner Schwere im Gleichgewichte steht. Da die Entfernung des Mondes von der Erde bekannt ist, so läßt sich die Stärke der Anziehung zwischen beiden Weltkörpern leicht berechnen. Man findet sie 3600mal kleiner als die Schwere an der Oberfläche der Erde. Eben so groß ergiebt sich nun die vermöge seiner Umwälzung um die Erde entstehende Schwungkraft des Mondes; dergestalt daß die eine dieser Kräfte die Wirksamkeit der andern fortdauernd aufhebt und dadurch der Mond verhindert wird sich aus seiner Kreisbahn um die Erde zu entfernen. In einer ganz ähnlichen Beziehung befinden sich die Erde und die andern Planeten gegenüber der Sonne.

Da die Schwungkraft der Erdkörper auf der Erdaxe senkrecht steht, so kann sie außerhalb des Äquators nirgends in die Richtung der Schwere fallen.

Die Wassertheile nördlich und südlich vom Äquator sind deßhalb einer Einwirkung oder einem Drucke unterworfen, dessen Richtung an jedem betreffenden Puncte

aus derjenigen der Schwere und aus derjenigen der Schwungkraft zusammengesetzt ist. Da nun diese Richtung für die Bedingung des ruhenden Wassers auf der flüssigen Erdoberfläche nothwendig senkrecht stehen muß, so folgt daß die Gestalt der letzteren mit der der Kugel nicht genau übereinstimmen kann. Da ferner die Schwungkraft unter dem Äquator wo sie am größten ist, mit ihrer ganzen Stärke der Schwere entgegenwirkt, bei zunehmender Breite dagegen nicht nur an Stärke allmählig abnimmt, sondern auch immer weniger der Schwere unmittelbar entgegengesetzt ist, so folgt von selbst, daß der senkrechte Druck der Körper gegen die Erdoberfläche unter dem Äquator am geringsten ist und nach den Polen zu sich vermehrt. Es muß daher dasselbe eintreten, was man bei einer aufgetriebenen Blase oder bei einer Kugel von Gummi-Elastikum wahrnimmt, wenn sie von zwei entgegengesetzten Seiten stärker als an jeder andern Stelle gedrückt wird; es muß an den Seiten des stärksten Druckes eine Abplattung entstehen.

Aus diesen Gründen hatte schon Newton vermuthet, daß der flüssige Theil der Oberfläche unserer Erde nur annähernd kugelförmig und gegen die Pole hin etwas eingedrückt sein müsse, lange bevor diese Vermuthung durch Messungen geprüft werden konnte. Jetzt weiß man aus dem mittlern Ergebnisse zahlreicher Messungen, daß die Abplattung $\frac{1}{300}$ beträgt, oder daß die Hälfte der Erdaxe 65000 Pariser Fuß kürzer ist als der Halbmesser des Erdäquators, der eine Länge von 19631598 P. F. hat.

Der starre Theil der Erdfläche folgt zwar nicht genau der Krümmung der Meere, sondern ist im Allgemeinen uneben und abhängig. Die größten Berghöhen erheben sich jedoch noch nicht bis zu 27,000 Fuß über das Meer und stehen also weit hinter der Abplattung zurück. Überdieß liegen sie der Mehrzahl nach in niederen Breiten, also näher dem Äquator als den Polen, während man in den Polarkreisen bis jetzt nur wenig und meist niedriges Land gefunden hat. Die Krümmung des Festlandes entspricht also, wenn man von den Unebenheiten im Einzelnen absieht, im Allgemeinen der des Meeres und folglich die Gestalt der ganzen Erde der einer Kugel, welche gegen die Pole hin etwas abgeplattet ist.

Die Abweichungen einzelner Theile des Landes von dieser Gestalt, oder ihren Abhang entdeckt man überall sehr leicht aus dem Winkel, den ihre Oberfläche mit der des ruhenden Wassers bildet; denn die letztere muß sich, wie oben gezeigt wurde, überall wagerecht (horizontal), d. h. so stellen, daß die Richtung der Erdanziehung (oder richtiger die durch die Schwungkraft veränderte Schwere) senkrecht (vertical) darauf einfällt.

Auch die Richtung eines ruhenden Fadens an dem ein Gewicht befestigt ist, der Senkel oder das Loth, leitet auf die Lage der wagerechten Ebene, denn jene Richtung kann keine andere sein als die der Schwere, weil, so lange der Faden nicht mit der Linie der Schwere gleichlaufend ist, der daran befestigte und dadurch sehr leicht bewegliche Körper nicht zur Ruhe kommen kann.

Schwere Körper bei freier Beweglichkeit fallen in der Richtung des ruhenden Fadens, d. h. sie bewegen sich senkrecht oder lothrecht gegen die wagerechte Erdoberfläche. Sie fallen mit um so größerer Beschleunigung, je stärker die anziehende Kraft ist, welche sie treibt. Sie fallen unter dem Äquator am wenigsten schnell, schneller bei zunehmender Breite und am schnellsten über dem Pole.

Die Zunahme der Fallbeschleunigung vom Äquator gegen die Pole hin läßt sich nicht unmittelbar aus dem freien Fall der Körper wahrnehmen, denn diese Bewegung geht überall viel zu rasch vor sich um eine ganz scharfe Vergleichung des Fallraums mit der Fallzeit zu gestatten. Mit der größten Sicherheit und Genauigkeit beobachtet man sie aber mit Hülfe des Pendels oder des schwingenden Lothes; denn dieses vollendet seine Schwingungen nur vermöge des Triebes der Schwere; es setzt sich in Bewegung, es schwingt, weil es aus der Lage worin sein Faden lothrecht hängt und welche die einzige ist, worin es ruhen kann, entfernt worden ist. Da die Schwere die Ursache der Pendelschwingungen ist, so müssen diese beschleunigt oder verzögert, die Zeit einer Schwingung abgekürzt oder verlängert werden, je nachdem die Schwere selbst zu- oder abnimmt. Die Schwingungen eines und desselben Pendels von unveränderlicher Länge bezeichnen bekanntlich gleiche Zeitabschnitte, deren Messung eine überraschend große Genauigkeit zuläßt. Die geringsten Änderungen der Kraft werden also sogleich aus einer Änderung der Schwingungszeit erkannt.

Gesetzt ein solches Pendel, das z. B. die Sekunden schlägt und das auf den Einfluß der Wärmeveränderungen corrigirt ist, ein sogenanntes Compensationspendel sei an einem Orte unveränderlich aufgestellt. Es wird, so oft und zu welcher Zeit man seine Schwingungszeit mit dem Chronometer vergleichen mag, immer Sekunden schwingen. Aus dieser Unveränderlichkeit der Schwingungszeiten an demselben Orte muß man auf eine gleiche Unveränderlichkeit der Kraft schließen, welche diese Schwingungen veranlaßt.

Jede Ortsveränderung verändert aber die Schwingungszeit. Auf hohe Berge getragen schwingt es merklich langsamer; es schwingt schneller je näher es den Polen gebracht wird. Die bei senkrechter Erhebung zunehmenden und bei wagerechter Ortsveränderung vom Äquator gegen die Pole hin abnehmenden Schwingungszeiten des Pendels liefern uns also einen deutlichen Beweis der bei zunehmender Entfernung vom Mittelpuncte der Erde abnehmenden Schwerkraft, so wie von der Abplattung an den Polen.

Aus der Schwingungszeit des Pendels findet man zwar zunächst nur die Stärke der Erdanziehung an verschiedenen Puncten der Erdoberfläche. Es ist aber einleuchtend, daß aus dem Verhältniß der Abnahme dieser Kraft bei zunehmender senkrechter Erhebung das Gesetz der Verminderung der Schwere bei wachsender Entfernung der einander anziehenden Puncte hervorspringen muß; und dieses einmal gegeben, ist die Bestimmung des Abstandes

irgend eines Punctes der Oberfläche vom Mittelpuncte der Erde, aus der an dem ersteren Puncte beobachteten Stärke der Schwerkraft, nur eine Aufgabe der Rechnung, die man mit gehöriger Berücksichtigung des Einflusses der Schwungkraft gelöst und dadurch die Größe der Abplattung gefunden hat. Der auf diesem Wege bestimmte Unterschied stimmt mit dem durch direkte Abmessung einzelner Bogenstücke der Meridiane ermittelten, worüber die Astronomie Rechenschaft zu geben hat, sehr nahe überein.

Wir dürfen unsere Aufmerksamkeit von dem Pendel nicht abwenden, ohne uns zuvor noch zu erinnern, daß Pendel aus ungleich großen und noch so verschiedenartigen Massen verfertigt, bei gleicher Länge genau gleichzeitig schwingen; d. h. dem Triebe der Schwere ganz gleichmäßig unterworfen sind. Und so ist dieselbe einfache Geräthschaft, welche man im gemeinen Leben anwendet die Horizontalebne aufzufinden und die Wände der Gebäude gerade zu richten, und die als schwingendes Pendel den Gang unserer Uhren regulirt, in den Händen des Physikers das schätzbarste Hülfsmittel geworden, um die aus theoretischen Gründen vorhergesehene Abweichung der Erde von der Kugelgestalt auch als Ergebniß der Erfahrung festzustellen und zu messen, und um die anziehende Kraft, welche die Erdtheile beherrscht und sie zu einem für außerirdische Kräfte unzertrennlichen Ganzen verbindet, sowohl der Beschaffenheit als Größe nach kennen zu lernen.

Dieselbe Ursache, welche die Schwingungen des Pendels bewirkt, macht daß jeder bewegliche Körper nach einer Lage strebt, in welcher sein Schwerpunct so tief wie möglich liegt, und daß durch die Annahme einer solchen Lage die Dauer seines Ruhezustandes am meisten gesichert ist. Zunächst sehen wir daher das Wasser von Bergen und Abhängen herabsinken, bis es in Becken gelangt die keinen Abfluß gestatten und worin es eine wagerechte, d. h. mit der Krümmung der Erde gleichlaufende Fläche bilden und dadurch zur Ruhe kommen kann. Die Oberfläche des fließenden Wassers in Bächen und Flüssen ist nicht wagerecht; denn wäre sie es, d. h. stände die Richtung des Gewichtes der bewegten Theilchen auf der Oberfläche senkrecht, so würde der Trieb der Fortbewegung aufhören und die noch vorhandene Bewegung müßte durch den Widerstand des Flußbettes rasch zernichtet werden. Die Neigung der Oberfläche des fließenden Wassers gegen die wagerechte Ebene, oder sein Gefälle, stimmt im Allgemeinen mit dem Abhange des Flußbettes überein und ist daher in den Gebirgen gewöhnlich größer als im Flachlande. Die Geschwindigkeit der Strömung nimmt zu, wenn das Gefälle zunimmt. Die Flüsse sind daher am reißendsten wo sie das stärkste Gefälle haben. Das letztere richtet sich jedoch wie schon gesagt, nur im Allgemeinen nach dem Abhange des Flußbettes. Wenn dasselbe sich stellenweise verengt, so daß das Wasser mit der früheren Geschwindigkeit nicht mehr durchkommen kann, so wächst sogleich das Gefälle oder das

Wasser stauet sich hinter der Enge, selbst dann wenn die Neigung des Bodens die frühere geblieben ist. Anderen Theils werden kleinere Unregelmäßigkeiten des Bodens, wellenförmige Erhebungen und Vertiefungen, selbst steilere Abhänge, die bei niedrigem Wasser auf kurze Strecken Stromschnellen bewirken können, durch Erhöhung des Wasserstandes mehr und mehr ausgeglichen, indem die anfängliche größere Geschwindigkeit an den steileren Stellen, nothwendig ein Stauen in den untern Theilen des Flusses, wo er anfangs langsamer fließt, und folglich eine Vertheilung des Gefälles auf eine um so größere Strecke, je mehr der Wasserstand zunimmt, herbeiführen muß. Die Stromgeschwindigkeit hängt übrigens nicht ausschließlich von dem Gefälle ab. Da nämlich dem Wasser ein Theil seiner Bewegung fortwährend durch den Widerstand des Flußbettes entzogen wird, und diese Verluste durch das Gefälle stets wieder ersetzt werden müssen, so begreift es sich, daß Verminderung der Widerstände des Bodens die Geschwindigkeit des Wassers eben so fördert wie Vergrößerung des Gefälles. In seichten Flüssen kommt in kurzer Zeit alles Wasser mit dem Boden in Berührung und erfährt dadurch einen Aufenthalt. Bei tiefem Wasser kann dieß nicht in demselben Grade der Fall sein, weil die Berührungsfläche verhältnißmäßig zu der Menge der darüber befindlichen Flüssigkeit kleiner ist. So erklärt es sich warum in ein und demselben Querschnitte eines Stroms das Wasser an den seichteren Stellen langsamer fließt als an den tieferen,

warum ferner die Geschwindigkeit der Bäche und Flüsse zunimmt, wenn sie anschwellen. Auch sieht man jetzt, warum in Flüssen von sehr gekrümmtem Laufe durch geeignete Durchstiche, welche die Länge des Flußbettes abkürzen und beziehungsweise das Gefälle erhöhen, der Wasserspiegel oberhalb erniedrigt werden muß. Allerdings bewirkt dieselbe Ursache, welche den Abzug des Wassers oberhalb des Durchstichs unter allen Umständen befördert, bei plötzlichen Anschwellungen ein vorübergehend höheres Steigen unterhalb, dem nur durch Vertiefung und Ausbreitung des Flußbettes vorgebeugt werden kann.

Den bedeutendsten Aufenthalt erfährt das fließende Wasser in größeren Wasserbecken, in Landseen welche es durchströmen muß und in denen seine Bewegung fast ganz erlischt. Wenn die Breite eines Landsees die des Flusses um vielmal übertrifft, so kann ein vorübergehendes Anschwellen des letzteren den Spiegel des ersteren nur wenig erhöhen und folglich auch den Abfluß aus dem See nicht beträchtlich vergrößern. Die großen Landseen sind daher wahre Regulatoren für den Wasserstand der Flüsse. So sammeln die großen Landseen der Schweiz, welche mit Ausnahme eines einzigen ihre Gewässer sämmtlich dem Rhein zuführen, während des Frühjahrs einen sehr großen Theil des von den Bergen herabkommenden Schneewassers, und erhalten dadurch in dem Rhein gewöhnlich bis tief in den Sommer einen hohen Wasserstand.

Der Wasservorrath in den Gebirgen müßte sich bald erschöpfen, wenn nicht das Wasser durch die Einwirkung der

Wärme in der Form von Dampf wieder in die Höhe geführt und dann als Regen und Schnee theilweise auf dem Hochlande wieder abgesetzt würde. So bildet sich ein fortdauernder Kreislauf der Gewässer, als dessen letztes Ziel die endliche Ausgleichung aller Unebenheiten auf der Oberfläche der Erde erscheint.

Durch die auflösende Kraft des Wassers werden fortwährend einzelne Theile der starren Erdoberfläche flüssig gemacht; andere, dem gleichzeitigen Einflusse von Wasser und Luft ausgesetzt, ändern ihre Beschaffenheit und lockern sich auf, sie verwittern. So kommen die höher gelegenen Theile der Erde allmählig in beweglichen Zustand und werden theils durch ihr eignes Gewicht, theils durch den Stoß des fließenden Wassers den Thälern, den Ebnen und dem Meere zugeführt. Diesen Ausgleichungsproceß sieht man überall auf dem festen Lande vor sich gehen. Steine, ganze Felsstücke lösen sich an den Bergabhängen ab und füllen nach und nach die Niederungen aus; ja die Bergspitzen selbst, von dem herabsickernden Wasser nach und nach unterwaschen und ihrer Stütze beraubt, stürzen zusammen. Alle Bäche und Flüsse, mehr oder weniger nach Maßgabe ihrer Stromgeschwindigkeit, treiben Erde und Gerölle stromabwärts und setzen dieselben bei verminderter Stromkraft als angeschwemmtes Land ab. Bei sehr langsamem Laufe der Flüsse wird dadurch ihr Bette erhöht, bei rascherem Laufe wird an ihren Ausmündungen allmählig der Meeresgrund ausgefüllt. So sind die Niederlande nach und nach aus Absätzen des

Rheins dem Meere abgewonnen worden; so Unter-Ägypten aus Absätzen des Nils. Eben so sieht man die Küste an den Ausmündungen des Mississippi durch ungeheure Massen angeschwemmter Erde und Baumstämme fast alljährlich vorrücken.

Zweiter Vortrag.

Ebbe und Fluth.

Die Erde behauptet ihre Gestalt nicht ohne fortdauernd störende Einwirkung der andern Himmelskörper, und zwar hauptsächlich des Mondes wegen seiner geringen Entfernung, der Sonne wegen ihrer ungeheuren Masse. Diese Einwirkungen vermögen zwar nicht unmittelbar die festen Theile der Erde aus ihrer Lage zu rücken; doch aber sind sie mächtig genug, in den beweglichen Massen der Atmosphäre und in den Meeren gewisse eigenthümliche, periodische Strömungen hervorzurufen. Die ersteren, die im Luftraume, sind wenig hervortretend und durch andere regelmäßige und unregelmäßige Bewegungen fast verdeckt. Die letzteren dagegen fallen sehr in die Sinne. Sie bestehen in einem abwechselnden, alle Tage zweimal regelmäßig wiederkehrenden Sinken und Steigen des Meeres, und sind unter dem Namen: Ebbe und Fluth allgemein bekannt.

An allen Meeresküsten, wo Ebbe und Fluth sich zeigt, findet man die Gewässer zu jeder Zeit, selbst bei vollkommener Windstille und bei heiterem Himmel in rastloser Bewegung; stets erblickt man mächtige Wellen von unabsehbarer Länge mit Ungestüm gegen die Küste anfahren und, am Widerstande derselben gebrochen, in Schaum und Spritzwasser sich auflösen, das an zerrissenem und felsigem Gestade unter gewaltigem Brausen oft zu bedeutender Höhe emporgeschleudert wird. Alle ablösbaren Theile der Küsten werden durch diese ununterbrochenen Angriffe allmählig abgerissen, das festeste Gestein durch den angetriebenen Meersand nach und nach abgerieben und zertrümmert. Selbst mancherlei Gewächse des Meeres, auch lebende Bewohner, wie Muscheln, Krebse u. s. w. werden zugleich mit den Überresten zerschellter Fische und Weichthiere hervorgerissen und an das Ufer geworfen.

Nur an flachem, sanft sich erhebendem Gestade, im Innern tief in das Land einschneidender Busen mit enger Einmündung, oder da, wo die Gewalt des Wellenschlags durch Sandbänke und Felsenriffe bereits in einiger Entfernung vor der Küste sich gebrochen hat, vermindert sich diese Heftigkeit der Brandung und kann wohl ganz verschwinden.

Wer eine Meeresküste mit starker Ebbe und Fluth, und in einer Gegend besucht wo das Land sehr allmählig in das Meer einfällt, wird die Bemerkung machen, daß eine jede ankommende Welle mehrere Schritte aufwärts das Ufer überschüttet und unmittelbar darauf wieder zurückfließend, dieselbe Fläche, welche sie vorher oft einen

Fuß hoch überströmt hatte, wieder wasserfrei läßt, bis durch die Ankunft der folgenden Welle dasselbe Spiel sich wiederholt. Ist es die Zeit der steigenden Fluth, so tritt jedoch das abfließende Wasser nie bis zur Tiefe des vorhergehenden Standes zurück und fast jede neue Welle rollt etwas weiter aufwärts. Kaum bemerkbar anfangs, aber allmählig immer mehr auffallend. Ungefähr drei Stunden nach dem Zeitpuncte der tiefsten Ebbe ist das Anschwellen am stärksten, dann wieder langsamer und langsamer, bis wieder nach drei Stunden die Fluth ihren höchsten Stand erreicht hat, auf welchem sie sich eine kurze Zeit ohne deutlich bemerkbare Änderung erhält. Die Abnahme tritt eben so unmerklich ein wie vorher die Zunahme; dann ein rascheres und endlich wieder langsameres Zurückziehen des Meeres; und abermals nach sechs Stunden hat die Ebbe ihren niedrigsten Stand erreicht, auf dem sie sich eine kurze Zeit unverändert behauptet.

Das Meer hebt und senkt sich in dieser Weise zweimal täglich, oder richtiger zweimal in der Zeit, welche von einem Durchgange des Mondes durch den Mittagskreis des Beobachtungsortes bis zum andern verfließt, was einen Zeitraum von 1,035 Tag oder fast 25 Stunden ausmacht. Die Zeit der Fluth verspätet sich daher von einem Tage zum andern. Tritt z. B. das hohe Wasser heute genau auf Mittag ein, so wird es morgen bis Nachmittag gegen 1 Uhr ausbleiben u. s. w.; so daß nach 14 Tagen wieder eine Fluth auf Mittag erscheint, und nach Verlauf einer vollen Umdrehung des Mondes

um die Erde die dritte Mittagsfluth eintritt, und in der Weise fort. Je höher das Meer während der Fluth anschwillt, um so tiefer senkt es sich während der darauf folgenden Ebbe. Der Unterschied des höchsten und des niedrigsten Wassers ist an den verschiedenen Meeresküsten sehr ungleich. In weiten, offenen Meeren ist im Allgemeinen die Fluthhöhe gering. So betragen die stärksten Fluthen bei Otaheiti nicht über 11 Zoll, bei den Sandwichsinseln nur 2½ Fuß (ungeachtet, wie wir sehen werden, das stille Meer der eigentliche Erzeugungsort der Ebbe und Fluth ist), bei St. Helena 3 Fuß, bei Martinique und Portoriko 1½ Fuß und übersteigen bei den Westindischen Inseln überhaupt nicht 4 Fuß. Wo dagegen der fortschreitenden Fluth bedeutende Hindernisse entgegen stehen: Küsten welche ihren Lauf hemmen, Landspitzen um welche sie sich biegen, Kanäle die sie durchdringen muß, hauptsächlich aber Meerbusen von abnehmender Weite und Flußmündungen die dem Zudrange der Fluth unmittelbar ausgesetzt sind, da kann die Fluth zu einer erstaunlichen Höhe über den Wasserstand der Ebbe anschwellen. So soll im Hintergrunde der Fundy-Bai zwischen Neuschottland und Neubraunschweig die stärkste Fluth eine Höhe von 60—70 Fuß erreichen, während die gleichzeitige Fluthhöhe am Eingange dieses Busens nicht mehr als 9 Fuß beträgt. An den europäischen Küsten sind die Bai von St. Malo und der Kanal von Bristol vorzugsweise durch hohe Fluthen ausgezeichnet. Am erst genannten Orte steigen sie oft auf 40 und 50 Fuß. Im Allgemeinen

trifft man an beiden Gestaden des Kanals starke, meist 18—20 Fuß hohe Fluthen, während sie an der irischen und südlich von Brest gelegenen französischen Küste gegen das offene Meer hin gewöhnlich 4—6 Fuß nicht übersteigen. An der deutschen Nordseeküste geht der Unterschied der Ebbe und Fluth bis auf 12 Fuß; bei der nahe gelegenen Insel Helgoland nur bis auf 6 Fuß. In der Ostsee und im schwarzen Meere ist keine Ebbe und Fluth. Im vorderen Theile des Mittelmeers beträgt sie nur wenige Zoll bis zu 1 Fuß. Bedeutendere Fluthen hat man am östlichen Ende dieses Meeres, und im Hintergrunde des langgestreckten adriatischen Busens. Bei Venedig und Triest erheben sie sich zuweilen auf nahe an 4 Fuß.

St. Malo ist einer der geeignetsten Orte um den Bewohner des Binnenlandes in die ganze Großartigkeit dieser wunderbaren Naturerscheinung einzuführen. Zur Zeit der Ebbe erscheint St. Malo auf drei Seiten umgeben von wild zerrissenen Felsmassen, die mit Muscheln und Seegras überdeckt sind und zwischen welchen die hohen Mauern der Stadt hervorragen. Die ebneren Stellen zwischen den Klippen sind mit einem sandigen, meist festen und betretbaren Boden ausgefüllt, der fast nur aus fein zertrümmerten Muscheln gebildet ist. Einzelne Vertiefungen hier und da enthalten Wasser, dessen Geschmack sowohl, wie die darin vorkommenden zahlreichen Krebse, Muscheln und Seesterne erkennen lassen, daß es von der Fluth zurückgebliebenes Meerwasser ist. Ein Saum von Seepflanzen zeigt deutlicher die eigentlichen Gränzen des

Meeres, dessen Tosen jetzt nur aus der Ferne hörbar ist. Und nun, wenige Stunden später, welcher Wechsel des Schauspiels! Die Stadt fast ganz vom Meere umgeben, dessen Wogen gegen ihre Mauern anstürmen, sich hart am Fuße derselben brechen und das Spritzwasser zuweilen bis zur Mauerhöhe emportreiben. Die einzige Verbindung von der Landseite her vermittelt jetzt ein langer Damm, offenbar von künstlichem Ursprunge und nicht breiter als die Landstraße, welche darüber führt. Auf der einen Seite dieses Dammes gegen die offene Meeresfläche kämpfen die anrollenden Wogen mit wilder Gewalt gegen die hier angebrachten Schutzwehren, erheben sich sprudelnd bis zu 30—40 Fuß Höhe und übergießen mit ihren Fluthen den etwa auf der Landstraße säumigen Wanderer. Die zahlreichen Klippen, die man früher bemerkte, sind jetzt unter der Wasserfläche verborgen, mit Ausnahme einiger der hervorragendsten Spitzen, die früher zu Fuße erreichbar, jetzt als Inseln erscheinen. Die andere Seite des Dammes ist ebenfalls vom Meere bespült. Aber hier bewegt es sich nur mit mäßigem Wellenschlage; denn nachdem es sich an all den Felsen und Inselchen gebrochen hat, dann tief in das Land eingedrungen ist und sich wieder zwischen Felsen hindurch um die Stadt herum gedrängt hat, bleibt ihm nur noch wenig von der ursprünglichen Kraft. Hier ist der Hafen von St. Malo, ganz trocken während der Ebbe, ein großer See zur Fluthzeit, geräumig genug für mehrere tausend Schiffe, die man indessen nicht darin erblickt.

Die Fluthhöhe an einem Orte bleibt sich nicht gleich; sie wechselt täglich, und jeder Küstenbewohner weiß, daß dieser Wechsel in einer bestimmten Abhängigkeit steht zu den Phasen des Mondes. Neumond und Vollmond bringen stets ein höheres Steigen des Wassers, die sogenannten Springfluthen, so wie ein tieferes Sinken der Ebbe. Während des ersten und letzten Mondviertels ist Ebbe und Fluth am geringsten. Z. B. bei Brest bringen die niedrigsten Fluthen (Nippfluthen) 8 Fuß, die Springfluthen 19 Fuß Wasser. Die höchsten Fluthen fallen indessen nicht genau mit Vollmond und Neumond, und eben so wenig die niedrigsten mit den Mondvierteln zusammen; vielmehr treffen sie überall etwas später ein. In Brest z. B. erscheint die höchste Springfluth $1\frac{1}{2}$ Tag nach Vollmond oder Neumond. Zur Zeit der Nachtgleichen (Äquinoctien) findet man überall eine Zunahme der Springfluthen. Mond- und Sonnen-Finsternisse sind stets von ungewöhnlich hohen Fluthen begleitet. Auch bemerkt man, daß die Fluthen stärker oder schwächer werden, je nachdem der Mond, dessen Abstand von der Erde, wie man weiß, wechselt, in seiner Erdnähe oder Erdferne sich befindet.

Wenn die regelmäßigen, und wie bemerkt, immer sehr starken Äquinoctialfluthen mit Stürmen zusammentreffen, welche, wie häufig geschieht, das Meer gegen das Land treiben, so bilden sich noch höhere Anschwellungen des Wassers, die sogenannten Sturmfluthen. An der deutschen und niederländischen Küste übersteigen sie zuweilen das doppelte gewöhnlicher Springfluthen.

Der Zusammenhang der Fluth und der Ebbe mit dem Stande des Mondes und der Sonne war schon den Alten theilweise bekannt; über die eigentliche Ursache der Erscheinung gelang es aber erst Newton ein helleres Licht zu verbreiten. Ihre Theorie ist seitdem hauptsächlich durch Laplace's, auf eine sehr große Anzahl an der Westküste Frankreichs angestellter Beobachtungen gestützte, Berechnungen so vollständig ausgebildet worden, daß, insofern nicht zufällige Einflüsse, z. B. Stürme mitwirken, nicht nur die Zeiten des Eintretens, sondern auch die Ungleichheiten der Höhe, welche zu verschiedenen Zeiten an einem Orte statt finden müssen, sich durch Rechnung im Voraus bestimmen lassen.

Die Erscheinung der Ebbe und Fluth wird durch die wechselseitige Anziehung der Erde und des Mondes, so wie, jedoch in geringerem Maße, der Erde und der Sonne hervorgerufen. Betrachten wir, um die Erklärung zu vereinfachen, zuerst nur die eine dieser Einwirkungen und zwar unter der Voraussetzung, daß die Oberfläche der Erde ein einziges großes Meer bilde. Die Anziehung eines Himmelskörpers, ausgeübt auf die Massentheile eines andern, vermindert sich bekanntlich je weiter sie auseinander liegen. Aus diesem Grunde zieht der Mond während seiner scheinbaren täglichen Umdrehung um die Erde allemal diejenigen Theile der letzteren, die ihm gerade zunächst liegen, am stärksten, die entferntesten am wenigsten an; und diese Verschiedenheit ist gar nicht unbedeutend, da die mittlere Entfernung des Mondes von

der Mitte der Erde nur 60 Erdhalbmesser beträgt, folglich die Abstände der Erdtheile, welche gleichzeitig in der Mondnähe und in der Mondferne liegen, sich wie die Zahlen 59 zu 61 verhalten.

Die durch die wirkliche monatliche Umwälzung des Mondes um die Erde erzeugte Schwungkraft äußert sich auf diese als ein Zug, gleich wie ein an einem Faden befestigtes Gewicht, das man um die Hand schwingt, einen fühlbaren Zug auf die Hand immer in der Richtung ausübt, in der es sich gerade befindet. Nun darf man sich den Mittelpunct der Erde, an welchen der Mond durch die Schwere gleichsam gebunden ist und um den er schwingt, nicht als einen absolut festen Punct vorstellen. Er muß vielmehr jenem Zuge fortwährend nachgeben und seine dadurch bewirkten kleinen Bewegungen (um den gemeinschaftlichen Schwerpunct beider Weltkörper) sind nur deshalb ohne Einfluß auf die allgemeine Bewegung der Erde, weil sie sich im Laufe einer vollen Mond-Umwälzung wechselseitig aufheben müssen. Während dieser regelmäßigen durch den Mond bewirkten Schwankungen dreht sich die Erde täglich um ihre Axe und bringt dadurch nach und nach immer andere Stellen ihrer flüssigen Oberfläche in die Lage des kleinsten und größten Abstandes von ihrem Trabanten. Die in die größte Mondnähe tretenden Theile der Erde werden stärker angezogen und folglich auch in eine etwas schnellere Bewegung gesetzt als die Mitte. Die in die größte Mondferne tretenden Theile werden weniger stark angezogen als die Mitte und

müssen folglich, wenn sie flüssig sind, gegen diese etwas zurückbleiben. So kommt es, daß sich die Gewässer immer an zwei in der Richtung des Mondes entgegengesetzten Stellen der Erde gleichzeitig über ihre frühere Oberfläche erheben und ebenso bei der Ankunft in die Lage der mittleren Mondferne*) gleichzeitig wieder zurücksinken müssen.

Die Angriffspuncte der stärksten und schwächsten Einwirkung rücken gleichmäßig mit dem Monde von Osten nach Westen und vollenden daher in der Zeit der scheinbaren Umdrehung des Mondes um die Erde, nämlich in der Zeit von beinahe 25 Stunden, ebenfalls ihre Bewegung um die Erde herum. In diesem Zeitraume entstehen daher an jeder Stelle der flüssigen Oberfläche zwei stärkste Erhebungen, zwei Fluthen (die eine zur Zeit des oberen, die andere zur Zeit des unteren Durchgangs des Mondes durch den Meridian) und je in den Zwischenzeiten an denselben Stellen zwei Ebben. Es ist übrigens einleuchtend, daß diese Wirkung sich unmittelbar auf die dem Erdgleicher benachbarten Theile am stärksten äußern muß, weil der Abstand des Mondes von den Erdpolen und ihren Umgebungen während der täglichen Umwälzung gar keine oder doch nur geringe Änderungen erfährt.

Die größte Anschwellung des Wassers an irgend einem Puncte findet indessen nicht in dem Augenblicke statt, da der Mond den Mittagskreis dieses Punctes

*) nämlich 90° weiter vorwärts oder weiter zurück, oder auch senkrecht gegen die vom Mittelpuncte des Mondes zum Mittelpuncte der Erde gezogene Linie.

durchschreitet, sondern immer etwas später. Denn wenn auch in jenem Augenblicke die Ursache des Steigens allerdings am stärksten wirkt, so bedürfen doch die Gewässer Zeit um zusammenzuströmen, und zudem währt die Einwirkung des Mondes auch nachher noch einige Zeit mit kaum verringerter Stärke fort. Unterdessen gelangen andere, westlicher gelegene Puncte der Erdoberfläche in die größte Mondnähe und beziehungsweise Mondferne, und so rückt die Fluthwelle stetig in der Richtung von Osten nach Westen fort, indem die Gewässer fortwährend an ihrer vorderen oder westlichen Seite sich erheben, an der hinteren oder östlichen Seite wieder niedergehen.

Man darf sich hiernach nicht vorstellen, daß das Fluthwasser in der Zeit von wenig mehr als einem Tage wirklich um die ganze Erde herumströme. Das Fortrollen der Fluthwelle ist keine Strömung, sondern eine Wellenbewegung, zwar in sehr großartigem Maßstabe, übrigens von ganz ähnlicher Art, wie man sie in jedem Wasserbehälter hervorbringen kann, wenn man an irgend einer Stelle einen Theil des Wassers emporhebt und dann wieder sinken läßt. Ganz so, wie diese Wasserwelle im Kleinen, hebt und senkt sich die Fluthwelle und ist (wenigstens im freien Wasser) nur von einer mäßigen, westlich gehenden Strömung begleitet, die nur dann verstärkt wird, wenn die Welle durch Aufenthalte genöthigt wird sich zu stauen; wie über den Untiefen des Meeres, vor den Küsten, in den Meeresarmen, den Ausmündungen der Flüsse u. s. w. Wenn z. B. die ankommende Fluth

durch den Widerstand der Küsten auf beiden Seiten einer Verengerung des Meeres in ihrem Laufe verzögert wird, so muß sie sich unter der Einwirkung nachfolgender Wellen, die in ihrer Bewegung noch gar nicht oder doch weniger als die zuerst angekommenen Wellen aufgehalten sind, heben, und dadurch entsteht ein wirkliches Einströmen der Gewässer in die Meerenge. Solche periodische Fluth- und Ebbe-Ströme bemerkt man daher an allen Meerengen, Buchten, Flußmündungen, bis zu welchen die Fluth überhaupt hinwirkt.

Ganz unabhängig von dem Monde bewirkt die tägliche scheinbare Umdrehung der Sonne um die Erde einen zweimaligen Wechsel von Ebbe und Fluth. Ihre Stärke ist jedoch geringer als die Mondsfluth, ungefähr halb so groß, weil bei der weit größeren Entfernung der Sonne der Unterschied ihrer Anziehung auf verschiedene Theile der Erde von viel geringerer Bedeutung ist. Nach dem, was vorher über die Entstehung von Ebbe und Fluth im Allgemeinen gesagt wurde, wird man jetzt verstehen: daß zur Zeit des Neumondes und Vollmondes, d. h. wenn der Mond zwischen Sonne und Erde, oder die Erde zwischen Sonne und Mond steht, die Wirkungen beider Gestirne sich zusammenfügen, oder daß dann verstärkte Fluthen (Springfluthen) entstehen müssen; daß dagegen zur Zeit des ersten und letzten Viertels, d. h. wenn der Stand des Mondes und der Sonne um eine Viertels-Umdrehung von einander abweichen, die Mondesfluth mit der Sonnenebbe und umgekehrt, zusammenfallen muß,

daß folglich bei dieser gegenseitigen Stellung beider Gestirne Ebbe und Fluth am geringsten ist.

Beim Eintritte des Neumondes steht zwar der Mond zwischen Sonne und Erde, jedoch liegen dann die drei Weltkörper nicht immer in einer geraden Linie, eben so wenig als dies bei dem Vollmonde jedesmal der Fall ist. Es ist aber einzusehen, daß Sonne und Mond zur Erzeugung starker Fluthen einander um so besser unterstützen werden, je genauer jener Bedingung (daß nämlich die drei Weltkörper in einer geraden Linie liegen) Genüge geleistet wird. Am vollständigsten geschieht dies im Herbst und Frühjahr zur Zeit der Nachtgleichen, wo Sonne und Mond gleichzeitig über dem Äquator stehen. So erklärt sich, daß die stärksten Springfluthen in diese Zeit fallen.

Die Gestaltung und das Fortschreiten der Fluthwelle, wenn auch im Allgemeinen an die so eben erörterten Bedingungen geknüpft, erleidet doch durch die eigenthümliche Vertheilung von Land und Meer sehr wesentliche Abänderungen. Die Entwicklung einer vollen Fluthwelle setzt voraus, daß der Mond oder daß Mond und Sonne zugleich an einem Puncte des Meeres im Zenith, d. h. senkrecht über dem Kopfe des an diesem Puncte befindlichen Beobachters stehen, während sie für zwei oder doch wenigstens für einen Punct desselben Meers eben erst den Horizont berühren. An dem letzteren Puncte ist die niedrigste Ebbe eingetreten, eben da an dem ersteren die höchste Fluth herrscht. Hieraus nun ist ersichtlich, daß weder die Landseen noch überhaupt die kleineren Meere

eine ihnen eigenthümliche Ebbe und Fluth zu erzeugen vermögen. Selbst der atlantische Ocean ist nicht breit genug zur Entwicklung einer kräftigen Fluthwelle. Die Breite dieses Meeres in der Nähe des Äquators beträgt 40—50 Grad, oder etwa $\frac{1}{8}$ des Erdkreises. Die entsprechende Krümmung der Erdoberfläche ist aber lange nicht groß genug, um, während der Mond über dem atlantischen Meere steht, eine bedeutende Ungleichheit der Entfernung unseres Trabanten von verschiedenen Puncten dieses Meeres veranlassen zu können. Nur der große Ocean, dessen ungeheure Wassermasse beinahe die Hälfte der Erdkugel umschlingt, besitzt hierzu die erforderliche Ausdehnung. Der große Ocean bildet daher die hauptsächlichste Ausgangsstelle der Erscheinung. Die Fluthwelle, einmal gebildet, schreitet von dort aus in westlicher Richtung fort, nach ähnlichen Gesetzen wie jede andere Welle, welche in einem Wasserbecken, sei es durch Windstoß, durch Einwerfen eines Steins oder irgend welche andere Ursache erzeugt worden ist. Sie gelangt in den indischen Ocean, theils indem sie sich um Neuholland biegt, theils indem sie die zahlreichen Wasserstraßen des südindischen Inselmeers durchdringt. Der atlantische Ocean, durch die lang gestreckte Gestalt Amerikas fast ganz von dem großen Ocean getrennt, empfängt den größten Theil ihrer noch übrigen Kraft, indem sie sich um die Südspitze von Afrika biegt und dann nördlich fortschreitet, bis sie sich im Eismeere verliert. Die Fluthen, welche wir an den

europäischen und amerikanischen Küsten wahrnehmen, stammen hauptsächlich daher.

Da die Fluthwelle Zeit bedarf zu ihrer Entwicklung und darum schon am Orte ihres Ursprungs später eintritt als der Meridiandurchgang des Mondes; da überdies in allen kleineren Meeren und Meeresarmen, in welchen Fluthen vorkommen, die Entstehung derselben aus dem Fortschreiten der Fluthwelle des stillen Oceans abgeleitet werden muß; da endlich die Hindernisse, die sich ihrer Fortpflanzung entgegensetzen und wodurch sie aufgehalten wird, je nach der Gestaltung der Küsten, der Enge und Tiefe der Meere, der Menge und des Umfangs vorhandener Inseln sehr ungleich sind, so können die an den europäischen Küsten erscheinenden Fluthen, im Vergleiche zur erzeugenden Ursache nicht anders als sehr verspätet eintreffen. Um z. B. von der Südspitze von Afrika bis zu den Küsten von Spanien, Frankreich und Irland zu gelangen, braucht die Fluthwelle (nach Whewell's Berechnungen) 14–15 Stunden Zeit. Um dann weiter durch den Kanal zu dringen sind wegen der vergrößerten Widerstände noch 7 Stunden erforderlich. Die Nordsee erhält ihre Fluthen durch Verzweigungen der Fluthwelle, die theils durch den Kanal gehen, theils um Schottland herumbiegen. Dieselbe Fluth, welche auf Mittag in Brest erscheint, trifft um 7 Uhr in Dover und Calais, um 8 Uhr in Ostende ein. Dieselbe, um Schottland biegend, gelangt den folgenden Tag Morgens 8 Uhr bis zur Mündung der Themse, so wie bis zu der deutschen Küste, wo sie dann

mit der zweiten aus dem Kanal kommenden Welle zusammentrifft und diese verstärkt.

Das vor den Mündungen der Flüsse anschwellende Fluthwasser ergießt sich theilweise in dieselben, theils hemmt es ihren Ausfluß ins Meer, wodurch die Fluth an den großen Strömen viele Meilen aufwärts fühlbar wird, jedoch nach Maßgabe des Fortschreitens sich mehr und mehr verspätend; dergestalt, daß es sehr wohl sein kann, daß an der Ausmündung die Ebbe bereits begonnen hat, während weiter oben die Fluth noch fortfährt sich zu erhöhen.

Die Ursachen aller dieser Verspätungen bleiben jedoch wesentlich immer dieselben; die Fluthen müssen daher überall in regelmäßigen und gleichen Perioden auf einander folgen. Die Zeiten ihres Eintretens lassen sich also nach dem Stande des Mondes auf beliebig lange Zeit im Voraus berechnen. Die regelmäßige Verspätung des Eintreffens der Fluth gegen den Meridiandurchgang des Mondes an einem Orte, nennt man seine Hafenzeit. Ihre Kenntniß ist für den Seefahrer deshalb von Wichtigkeit, weil er danach im Stande ist die Zeit zu berechnen, wo er in einen Hafen, der einer starken Ebbe und Fluth ausgesetzt ist, gefahrlos und begünstigt vom Fluthstrome einlaufen kann. Whewell hat darauf aufmerksam gemacht, daß in offenen Kanälen, z. B. im brittischen Kanale, der Fluthstrom auch noch einige Zeit (bis zu 3 Stunden) nach dem Eintritt des Hochwassers seine Richtung beibehält, und daß ebenso der Ebbestrom nicht mit

dem Eintritte des niedrigsten Wassers erlischt, sondern je nach den Umständen noch längere Zeit, im Kanal bis zur halben Fluth fortdauert. Diese Erscheinung beruht darauf, daß das Wasser in dem englischen Kanale sich während der Fluthzeit beträchtlich über die Höhe der Nordsee angestaut hat und umgekehrt während der Ebbe bedeutend unter den Spiegel der Nordsee gesunken ist.

Dritter Vortrag.

Von der inneren Wärme der Erde.

Den belebenden Einfluß der Wärme auf der Oberfläche der Erde verdanken wir hauptsächlich, ja fast ausschließlich der Sonne. Was uns von Wärme von andern Himmelskörpern zufließt, ist wegen ihrer außerordentlich weiten Entfernung vergleichungsweise nur ein kleiner, ja fast unmerklicher Bruchtheil von dem, was uns die Sonne spendet.

Die Erde besitzt aber auch unabhängig von der Sonne einen ihr eigenthümlichen Wärmevorrath, und die mächtigsten Veränderungen, welche der Erdball in seiner äußeren Beschaffenheit seit unvordenklichen Zeiten erfahren hat und noch jetzt, wiewohl in sehr vermindertem Grade erfährt, scheinen wesentlich von einem fortwährenden Kampfe der Schwere mit der Erdwärme abhängig zu sein.

Schon unter den Naturforschern des Alterthums tauchte die Vorstellung auf, daß die Erde sich ursprünglich in einem glühend flüssigen Zustande befunden haben müsse. Diese Ansicht, so oft sie auch verworfen wurde, drängte sich immer wieder von Neuem auf und ihre Richtigkeit läßt sich bei dem gegenwärtigen Umfange unserer Erfahrungen kaum mehr in Zweifel ziehen. Die jetzige Beschaffenheit der Erdoberfläche würde demnach durch allmählige Abkühlung, wenigstens der äußersten Rinde der glühenden Masse, aus dem Urzustande hervorgegangen sein. Eine Annahme, die in der That durch das Zusammentreffen mehrerer Gründe gerechtfertigt wird.

Die Veränderlichkeit irdischer Zustände erlaubt die Vermuthung, daß die Erde selbst nicht so, wie sie jetzt ist, fertig gebildet, erschaffen worden sei, sondern daß sie nur nach und nach ihre gegenwärtige Gestalt erhalten habe. Die Bildung der Kugelgestalt, des vollkommenen Gleichgewichtszustandes der einander anziehenden Erdtheile, setzt aber eine große Beweglichkeit dieser Theile, mithin Flüssigkeit als nothwendige Bedingung voraus. Dieser flüssige Zustand konnte bei der Beschaffenheit des größeren Theils der Bestandtheile unseres Weltkörpers, wenigstens so weit dieselbe uns bekannt ist, nur durch eine sehr hohe Temperatur herbeigeführt sein; durch eine Temperatur etwa von der Höhe wie die Sonne ohne allen Zweifel noch jetzt behauptet.

Auf die Abplattung gegen die Pole, der, wie wir gesehen haben, nicht nur das Wasser, sondern auch das

feste Land unterworfen ist, würde ohne jene Annahme unerklärbar sein. Man würde es als den merkwürdigsten Zufall betrachten müssen, daß diese Abweichung von der Kugelgestalt gerade so groß ist, als sie unter der Voraussetzung eines ursprünglich flüssigen Zustandes werden mußte.

Unter den Gebirgsarten, welche die feste Erdenrinde zusammensetzen, giebt es viele, deren ganzes Gefüge den flüssigen Ursprung und eine bei äußerst langsamer Abkühlung erfolgte Erstarrung verräth. So die weit verbreiteten Massen von Granit, Syenit und Feldspathporphyr, welche die untersten Lagen vieler Gebirge bilden; so die häufig und in allen Weltgegenden vorkommenden Trachyte, Dolerite und Basalte, welche, wie durch die Forschungen der Geologen sich als eine ausgemachte Thatsache herausgestellt hat, zwischen andern Gebirgsmassen im flüssigen Zustande hervorgetreten sind, und mit den Auswürfen mancher noch thätigen Vulkane eine täuschende Ähnlichkeit besitzen. Mehrere dieser Gebirgsarten hat man sogar durch künstlichen Schmelzungsproceß in chemischen Werkstätten nachgebildet.

Überdieß erkennt man aus der großen Anzahl und über alle Zonen der Erde, vom äußersten Süden bis zum hohen Norden zerstreuter noch thätiger Vulkane, so wie aus den zahllosen heißen Quellen, daß ein sehr großer Theil jener ursprünglichen Erdwärme noch gegenwärtig vorhanden sein muß. Zwar hat man versucht, die vulkanischen Ausbrüche und heißen Quellen aus örtlich

wirkenden Ursachen zu erklären; z. B. aus der Einwirkung von Luft, und namentlich von Wasser auf leicht entzündliche Metalle, wie Kalium, Natrium, Silicium u. s. w., die man in der Tiefe der Erde in großen Massen abgelagert voraussetzte; man dachte an die beträchtliche Erhöhung der Temperatur, die durch allmählige Entzündung mancher Schwefelverbindungen so häufig in den Kohlenbergwerken erzeugt wird, an Erdbrände in sehr großem Umfange. Auch die bedeutende Erhitzung mancher wasserfreien Salze durch Aufnahme von Wasser suchte man geltend zu machen. Allein wenn auch die Mitwirkung solcher örtlichen Wärmequellen in einigen Fällen wohl denkbar ist, so läßt doch die Verbreitung der Vulkane und heißen Quellen über alle Theile der Erde, ihr Vorkommen in den verschiedensten Gebirgsformationen und der oft unverkennbare innere Zusammenhang von einander entfernter feuerspeiender Berge auf eine weit allgemeinere und viel tiefer liegende Ursache ihres Entstehens schließen.

Den entschiedensten Beweis für das Dasein einer inneren Erdwärme als eines ganz allgemeinen Verhaltens, haben wir aber in der neuesten Zeit durch die jetzt ganz festgestellte Erfahrung erhalten, daß an allen Puncten der Erde, von einer gewissen Gränze unterhalb der Oberfläche anfangend, eine mit der Tiefe zunehmende Temperatur gefunden wird.

Die äußeren Temperatur-Einflüsse dringen nicht sehr tief in die Erde ein. Weiß man doch daß es in guten

Kellern im Winter nicht friert und im Sommer kühl bleibt; daß unsere Landwirthe ihre Kartoffeln und Rüben, um sie vor dem Winterfroste zu schützen, nur drei bis vier Fuß unter die Erde vergraben; daß die in den Gruben beschäftigten Bergleute, Jahr aus Jahr ein nicht das Geringste mehr von den Abwechslungen der Temperatur an der Oberfläche erfahren. Cassini bemerkte schon im Jahre 1671, daß die Temperatur in den tiefen Kellern unter der Pariser Sternwarte unveränderlich sei. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat man dort in der Tiefe von 86 Fuß ein Thermometer in ein weites mit Sand gefülltes Gefäß gestellt, welches nun schon seit mehr als 50 Jahren unverändert die Temperatur von 11°,7 C. zeigt. Eine ähnliche Unveränderlichkeit des Wärmezustandes in der Tiefe hat man an vielen andern Orten, wenn auch nicht durch so lange Zeit fortgesetzte Beobachtungen gefunden. Der von den äußeren Temperatur-Einflüssen erreichbare Theil der Erdkruste ist also nach unten durch eine Fläche begränzt, unterhalb welcher die Temperatur überall beständig ist, oberhalb welcher dagegen die Abwechslungen der äußeren Temperatur um so fühlbarer werden je mehr man sich der Oberfläche nähert. Innerhalb der gemäßigten Zone verschwinden die von Außen kommenden Einflüsse in einer Tiefe von ungefähr 60 Par. Fuß; in den heißeren Himmelsstrichen weit früher und in der Nähe des Äquators schon bei 3 — 4 Fuß Tiefe.

Von diesen Gränzen des beständigen Wär-

mezustandes ausgehend, findet man überall eine mit der Tiefe zunehmende Temperatur.

Diese merkwürdige Erscheinung, obschon den Bergleuten längst bekannt, ist gleichwohl erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts regelmäßig beobachtet worden. Man hat aber seitdem derartige Beobachtungen an vielen Orten angestellt: in Deutschland, namentlich in den Gruben des Erzgebirges, in der Schweiz, in Frankreich, in England, in Schweden, in Italien und sogar in mehreren Gruben von Mexico und Peru. An mehreren Orten sind sie längere Zeit fortgesetzt, hier und da bis auf die neueste Zeit verfolgt worden. Überall ergab sich eine Wärmezunahme mit der Tiefe. Keine zuverlässige Erfahrung widersprach der Allgemeinheit dieser Erscheinung. Sogar im Norden von Sibirien, in Jakuzk, wo der gefrorne Boden mitten im Sommer nur bis zu 3 Fuß Tiefe aufthaut, entdeckte man beim Eintreiben eines Brunnenschachtes eine allmählige Abnahme der Kälte und endlich bei 380 Fuß Tiefe ein Erweichen des Bodens. Hier folgen die Zahlenangaben dieses merkwürdigen Versuches, der bereits im Jahre 1830 begonnen, aber erst 1837 beendigt wurde.

Tiefe Par. Fuß.	Temperatur Grade Celsius.
0	— 9° (Jahresmittel)
77	— 7°
119	— 5°
207	— 2°,5
382	— 0°,6

Nicht weniger entscheidend für unsere Frage ist die Thatsache, daß man in Bohrlöchern, deren man zum Zwecke der Aufschließung von Quellen in der neuesten Zeit so erstaunlich viele ausgeführt hat, stets eine mit der Tiefe zunehmende Temperatur bemerkte. Einige Bohrlöcher sind bis zur Tiefe von 1500—1800 Fuß, eins (Neusalzwerk) sogar bis zu 2200 Fuß eingetrieben worden. In diesem stieg das Thermometer auf $32\frac{3}{4}^{0}$ C., ein Stand den es dort an der Oberfläche niemals erreicht.

Über das Gesetz der allmähligen Wärmezunahme gaben die in den Bergwerken gesammelten Erfahrungen keine ganz sicheren Aufschlüsse. Aus mehreren unter besonders günstigen Umständen in Bohrlöchern gemachten Beobachtungen geht jedoch deutlich hervor, daß die Temperatur in gradem Verhältnisse mit der Tiefe zunimmt. Beispielsweise mögen hier zwei Beobachtungsreihen stehen, die von verschiedenen Beobachtern und unter sehr verschiedenen Verhältnissen angestellt sind. Die eine von De la Rive und Marcet in einer Gebirgsgegend, in Pregny bei Genf, mehr als 1400 Fuß über dem Meere (die Mündung des Bohrlochs lag 299 Fuß über dem See), die andere von Magnus in einem Bohrloche bei Rüdersdorf in der Mark Brandenburg, welches bis zu 730 Fuß unter den Meeresspiegel hinabreicht.

Pregny.

Tiefe unter der Bodenfläche:	Temperatur:	Unterschiede:
0′	9°,75 (Jahresmittel)	
30	10,50	
60	10,625	
100	11,0	
		0,875
200	11,875	
		1,250
300	13,125	
		1,087
400	14,212	
		1,038
500	15,250	
		1,062
600	16,312	
680	17,250	

Rüdersdorf.

Tiefe unter der Bodenfläche:	Temperatur:	Unterschiede:
0′	8°,5 (Jahresmittel)	
80	10	
200	13,44	
		1,49
300	14,93	
		1,43
400	16,36	
		1,39
500	17,75	
		1,37
600	19,12	
		1,61
700	20,73	
		1,61
800	22,34	
880	23,50	

Hinsichtlich derjenigen Tiefe bis zu welcher die Temperatur je um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers steigt, sind die an verschiedenen Orten gemachten Erfahrungen weit weniger übereinstimmend. Auch begreift man, daß Verschiedenheiten eintreten müssen, je nachdem die Bohrversuche auf Bergen, in Thälern oder in den Ebnen angestellt werden. Zudem ist nicht zu erwarten daß die Erdkruste überall eine ganz gleiche Leitungsfähigkeit für die Wärme besitze; auch mochte es in manchen Fällen nicht gelungen sein, namentlich in den höheren Strecken der Bohrlöcher, atmosphärische Einflüsse, z. B. das Eindringen kalter Tagewasser zu vermeiden; und endlich läßt sich die Temperatur des ein Bohrloch stets ausfüllenden Wassers als diejenige des Bodens in der Tiefe, bis zu welcher das Thermometer eingesenkt ist,

nur dann mit Sicherheit ansehen, wenn dieses Wasser an derselben Stelle längere Zeit verweilt hat und sich im Laufe der Beobachtung mit den von unten aufsteigenden Gewässern eben so wenig, als mit den von oben eindringenden vermischen konnte.

Als Durchschnittszahl der besten Beobachtungen ist anzunehmen, daß die Temperatur auf je 100 Fuß Tiefe ungefähr um 1° C. steigt.

Aber wie ist es möglich, den Stand des Thermometers im Innern eines Bohrlochs zu beobachten? Hierzu hat man mehrere Hülfsmittel. Das einfachste besteht darin: ein richtig gehendes Thermometer umhüllt mit Stoffen, welche die Wärme schlecht leiten, in das Bohrloch zu senken und so lange darin zu lassen bis man versichert sein kann, daß es die Temperatur des Ortes angenommen habe (worüber man sich durch vorläufige Versuche einen Anhalt verschaffen muß). Durch die Umhüllung ist der Gang des Instrumentes so verlangsamt worden, daß während des Herausziehens und Ablesens keine merkliche Änderung seines Standes eintreten kann. In der That läßt dieses Auskunftsmittel bei umsichtiger Benutzung nichts zu wünschen übrig.

Man hat aber auch besondere Werkzeuge, vorzugsweise zu dem Zweck bestimmt, die Temperatur zu Zeiten und an Orten zu messen, wann und wo man nicht selbst zugegen sein kann. Die bekanntesten sind die Zeichen-Thermometer oder Thermometrographen, welche zugleich die höchste und die niedrigste Temperatur, die während

einer gewissen Zeit statt gefunden hat, angeben. Man findet ihre nähere Beschreibung in den Werken der Physik.

Die mit der Tiefe verhältnißmäßig zunehmende Erwärmung des Erdbodens entspricht ganz dem durch die Physiker aufgefundenen Gesetze der Fortpflanzung der Wärme durch Wände von gleichartiger Masse, die auf beiden Seiten Temperaturen von unveränderlicher, jedoch ungleicher Höhe ausgesetzt sind. Die eine dieser unveränderlichen Temperaturgränzen finden wir in der festen Erdkruste bei der Gränzfläche der äußeren Temperatureinflüsse, die Lage der anderen ist unbekannt, muß aber, alles was wir hierüber bis jetzt wissen zusammengefaßt, jedenfalls weit unter der Tiefe liegen, welche man bis jetzt mit dem Erdbohrer erreicht hat. Es ist demnach mit überwiegender Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß, soweit sich die Bodenbeschaffenheit im Innern nicht wesentlich ändert, die Wärmeerhöhung mit der Tiefe nach demselben Gesetze fortschreitet, welches man für die oberen Schichten als richtig erkannt hat.

Das Anwachsen der Temperatur auf je 100 Fuß Tiefe durchschnittlich gleich 1° C. gesetzt, trifft man daher in der Tiefe von 10000 Fuß, auf eine Bodenwärme, die hinreicht das Wasser zum Sieden zu bringen. Bei 120000 Fuß Tiefe (ungefähr $5\frac{1}{4}$ geographische Meilen, und nur $\frac{1}{160}$ von der Länge des Erdhalbmessers) muß eine Hitze von 1200° herrschen, wobei Gußeisen schmilzt und Basalt wie Wasser fließt.

Wenngleich diesen Rechnungen nur der Werth einer Annäherung an die Wahrheit beigelegt werden darf, so geht doch soviel deutlich daraus hervor, daß die erkaltete und starre Rinde unserer Erde nur einen kleinen Theil ihrer Masse ausmachen kann, während ein bei weitem größerer Theil derselben sich noch gegenwärtig in einem, wenn auch vielleicht nicht überall flüssigen, doch gewiß glühend heißen Zustande befinden muß. Diese wohlbegründete und jetzt von allen Naturforschern für richtig erkannte Annahme liefert den Schlüssel zur Erklärung der heißen Quellen, der Erdbeben und Vulkane.

Vierter Vortrag.

über die warmen Quellen.

Die Gebirgsarten, aus welchen die oberste Kruste der Erde gebildet ist, sind bald mehr bald weniger auffallend mit Höhlungen durchsetzt und zerklüftet. Diese Zwischenräume bilden natürliche Behälter und Gänge die sich mit Wasser füllen und eine unterirdische Fortleitung desselben oft auf große Entfernungen hin gestatten. Wo solche Wasserkanäle an Stellen, die tiefer liegen als der Spiegel ihrer Behälter, zu Tage gehen, strömt das Wasser aus; es entstehen Quellen. Quellen können aber auch die Ausmündungen tiefer liegender Wasserräume sein, wenn letztere wieder ihren Zufluß aus Orten erhalten,

die höher liegen als die Quellen; kurz wenn die unterirdische durch Gebirgsspalten bewirkte Wasserverbindung einem heberförmig gebogenen und mit Wasser gefüllten Rohre gleicht, dessen einer Schenkel kürzer ist als der andere, denn in diesem Falle muß die Flüssigkeit durch eine Öffnung des kurzen Schenkels ausströmen; so wie man es bei unseren künstlichen Wasserleitungen in geschlossenen Röhren täglich beobachten kann. Die Geschwindigkeit des Ausflusses hängt ab von dem Höhenunterschiede beider Schenkel und nimmt zu mit der Größe dieses Unterschiedes.

Auf diesem Verhalten des Wassers beruht die Möglichkeit, durch Abtäufen eines Brunnenschachtes oder Eintreiben des Erdbohrers Quellen aufzuschließen. Trifft nämlich der Bohrer auf ein unterirdisches Wasserbehälter, so erhebt sich dessen Inhalt in dem Bohrloch; er strömt aus und oft sogar als springender Strahl, wenn das Behälter seinen Vorrath aus höher liegenden Gegenden empfängt. Dieß sind die Springquellen oder artesischen Brunnen, welche hinsichtlich des Grundsatzes ihrer Entstehung mit den Springbrunnen die vollkommenste Ähnlichkeit haben. Die Geologie lehrt die Bedingungen kennen, unter welchen sich auf das Vorhandensein unterirdischer Wasseradern mit Wahrscheinlichkeit schließen läßt, und darum sind die Versuche Quellen zu erbohren, insofern sie von erfahrnen Geognosten geleitet werden, nicht als bloßes Glücksspiel zu betrachten.

Die Möglichkeit des Auftretens von Springquellen

erfordert im Allgemeinen, daß eine gegen den Horizont geneigte Schicht einer zerklüfteten Gebirgsart (eine Eigenschaft welche vorzugsweise das Kalkgebirge besitzt) an den höheren Stellen zu Tage stehe oder doch nur mit porösem Gesteine oder mit lockerem Erdreich bedeckt sei, welches das Wasser durchsickern läßt, an tieferen dagegen mit einer wasserdichten Schicht, z. B. mit einem Lager von derbem und dichtem Thon überdeckt sei; so daß das auf den Höhen eindringende Regenwasser die Spalten ausfüllt und an den Abhängen bis unter das Thonlager herabfließt. Dieses letztere muß nun durchsunken werden, bevor man auf das springende Wasser gelangen kann. Diese Entstehungsweise der Bohrquellen und der Quellen überhaupt läßt sich in den meisten Fällen durch die örtlichen Verhältnisse auf das Augenscheinlichste darthun. Aber zuweilen gelingt es auch in Ebenen und entfernt von Gebirgsabhängen Quellen zu erbohren, zu deren Erklärung man genöthigt ist, das Dasein unterirdischer Kanäle vorauszusetzen die sich oft auf mehrere Meilen Wegs erstrecken müssen. Wenn nun auch diese Voraussetzung nicht schon durch die bekannte Erfahrung unterstützt würde, daß mehrere kleine Flüsse, welche in zerklüftetem Gebirge versiegen, an entlegenen Orten wieder zum Vorschein kommen, so ist doch das Vorhandensein unterirdischer Verbindungen, die das Wasser aus hochgelegenen Gegenden auf ziemlich bedeutende Entfernungen hin in die Ebnen leiten, wenigstens in einigen Fällen durch ganz bestimmte Thatsachen erwiesen.

Ein artesischer Brunnen in der Stadt Tours an der Loire, der das Wasser aus der Tiefe von 355 Fuß zur Oberfläche fördert, stieß am 30. Juni 1831 neben einer großen Masse von feinem Sande viele Überreste von Pflanzen und Muscheln aus. Man erkannte darunter Dornzweige von der Länge einiger Zolle, frische Stengel und Wurzeln von Sumpfpflanzen, Samen von mehreren Pflanzen, besonders von einem in Sümpfen häufig wachsenden Labkraut, in einem Zustande von Erhaltung, die nicht annehmen ließ, daß sie länger als drei bis vier Monate im Wasser gelegen hatten; endlich auch Süßwassermuscheln und Gehäuse von Landschnecken. Alle diese Überreste waren denen ähnlich, welche man nach Überschwemmungen an den Ufern kleiner Flüsse und Bäche findet. Sie konnten nicht durch Einsickern, sondern nur durch nach Außen geöffnete Kanäle zu der Sohle des Bohrlochs gelangt sein. Dasselbe gilt für die Zuflüsse eines Springquells bei Elboeuf unweit der Seine, aus welchem einst mehrere kleine lebendige Aale hervorkamen.

Die Bohrlöcher treffen zuweilen auf sehr geräumige unterirdische Höhlungen die mit Wasser ausgefüllt sind; das Bohrgestänge sinkt dann, nachdem der letzte Widerstand überwunden ist, plötzlich weiter abwärts, nicht selten bis zu 20 — 30 Fuß Tiefe. Einigemal hat man wahrgenommen, daß das Wasser durch diese Klüfte mit solcher Gewalt strömte, daß das Gestänge dadurch erschüttert wurde. Auch ist es vorgekommen, daß beim Herausheben des Bohrers das nachstürzende Wasser die nächsten Umge

bungen überschwemmte, bevor man seiner Herr werden konnte.

Die anfängliche Absicht bei der Anlage von Bohrquellen war: Trinkwasser und in vielen Fällen Salzsoolen zu erlangen. Der große Wasserreichthum vieler dieser Quellen und ihr die mittlere Temperatur der Luft fast immer übersteigender Wärmegrad gestattete seitdem auch manche andere nützliche Anwendungen. An einigen Orten des nördlichen Frankreichs konnte der austretende Strahl unmittelbar zum Betriebe eines Mühlrades benutzt werden.

In einer Fabrikanlage in Heilbronn verschaffte man sich durch 5 Bohrlöcher, von welchen einige noch nicht 100 Fuß tief sind, und aus denen sich das Wasser 8 Fuß über den Spiegel des Neckars erhebt, eine hinlängliche Menge reines Wasser, um damit dem Bedürfnisse zweier Papierwerke, einer Bleichanstalt und einer Flachsspinnerei genügen zu können. Da diese Quellen überdieß eine beständige Temperatur von 12°,5 besitzen, so gelang es, indem das aus den Holländern abfließende Wasser in die Mühlenrinnen geleitet wurde, die Räder in der strengsten Winterkälte von Eis frei zu halten. Diese letztere Verwendungsart ist seitdem an mehreren Orten nachgeahmt worden.

Mehrere artesische Brunnen haben sich Ruf als Heilquellen verschafft; wie der Salz- und Kohlensäure haltige Kurbrunnen zu Kannstadt, der eine schon im Jahre 1777 erbohrte Quelle ist. Die an Kohlensäure so überaus

reiche Salz- und Badequelle von Nauheim in der Wetterau erhebt sich mit einer Temperatur von 30° C. aus dem Bohrloche. Kürzlich bahnte sich dort die warme Salzsoole einen Ausweg durch ein schon seit Jahren verlassenes Bohrloch und treibt seitdem aus der Mündung desselben ununterbrochen einen schäumenden Strahl hervor. Ein noch auffallenderes Beispiel der gewaltigen Triebkraft unterirdischer Gewässer ereignete sich im Jahre 1763 zu Dürrenberg. Man hatte einen Schacht bis zu 791 Fuß Tiefe abgesunken, als plötzlich der Grund desselben durch den Druck des Wassers zersprengt wurde und die Salzsoole mit solcher Gewalt eindrang, daß sie den 5 Ellen im Gevierte weiten Schacht binnen $2\frac{1}{2}$ Stunden bis oben anfüllte und überströmte. Einer der Arbeiter wurde von der Soole ergriffen und, wunderbar genug, 252 Fuß hoch im Schacht unversehrt mit emporgehoben. — Sehr bemerkenswerth ist es, daß man in dem Amalienbade zu Langenbrücken mittelst des Erdbohrers ein Schwefelwasser aufgefunden hat. Es steigt aus der Tiefe von 58 Fuß 8 Fuß über den Boden, besitzt eine Temperatur von 13°,4 und ist frei von aufgelös'ten Salzen.

Überfließende Salzsoolen sind schon öfter erbohrt worden. Zu den bemerkenswerthesten gehören die von Artern an der Unstrut und Neusalzwerk bei Rehme unweit Minden. Bei Artern erreichte man in der Tiefe von 1000 Fuß ein Salzsteinlager, von welchem sich eine gesättigte (27,4 Procent haltige) Salzauflösung erhebt und mit 18°,5 Temperatur überfließt. — Die Quelle von Neusalzwerk

zeichnet sich nicht durch ihren Salzgehalt aus, denn sie enthält nur 4 Procent, wohl aber durch Wasserreichthum. Im Jahre 1843 lieferte sie täglich 2000000 Litre Salzwasser (oder auf Kochsalz berechnet 145800 Pfund, was jährlich einen Steinsalzwürfel von 72,3 Fuß Seite ausmacht). Das Bohrloch ist seitdem beträchtlich tiefer geworden, und das jetzt aus 2212 Fuß Tiefe hervorströmende Wasser ist 32°,75 warm. — Durch Wasserreichthum noch ausgezeichneter ist die berühmte Bohrquelle zu Grenelle vor Paris, aus der sich in 24 Stunden eine Wassermenge von 3400000 Litre ergießt. Das Wasser steigt aus der Tiefe von 1686 Fuß und erhebt sich durch ein äußeres Rohr noch weitere 86 Fuß über den Boden.

Ein Beispiel großer Springkraft liefert auch eine vor 15 Jahren zu Bruck bei Erlangen in 448 Fuß Tiefe erbohrte Quelle, aus welcher das Wasser mit solcher Gewalt hervorschießt, daß es, als man auf das Bohrloch eine 4 Zoll weite Röhre setzte, 38 Fuß hoch sprang; ja als man letztere Röhre gegen einen 2 Zoll weiten Spritzenschlauch vertauschte, bildete es sogar einen 70 Fuß hohen Strahl.

Zufolge einer in wissenschaftlichen Zeitschriften enthaltenen Nachricht scheint es, daß in einigen Oasen des inneren Ägyptens schon die alten Bewohner ihr Land durch erbohrte Quellen bewässert und befruchtet haben. — Auch die Bewohner der Landschaft Oman an der Ostküste Arabiens wissen, nach dem Berichte des englischen Reisenden Wellsted, durch Bewässerung mittelst künstlich aufge-

schlossener Quellen, welche sie unterirdisch von entfernten Anhöhen herableiten, in einzelnen Strichen ihres von Sandwüsten umgebenen Landes die üppigste Fruchtbarkeit zu erzielen.

Da die Erde ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so kann das Wasser nur langsam die Temperatur der Erdschichten annehmen, womit es in Berührung kommt. Der Wärmegrad, den es bei seinem Einsickern in den Boden mitbrachte oder durch die vervielfältigte Berührung mit lockerem Erdreiche annahm, die Länge und Tiefe der natürlichen Kanäle im Innern, durch welche es gehen muß, und endlich die Zeit seines Aufenthaltes unter der Erdoberfläche und in der Tiefe, sind deshalb von sehr wesentlichem Einflusse auf die Temperatur der Quellen. Man sieht hieraus deutlich, daß die Temperatur einer Quelle keinen sicheren Aufschluß über die der Bodenschicht giebt aus welcher sie entspringt, und daß beide sogar sehr bedeutende Verschiedenheiten zeigen können. So trifft man an den Abhängen hoher, zumal mit ewigem Schnee bedeckter Berge sehr häufig kalte Quellen, die ohne allen Zweifel mit hoch gelegenen Wasserbehältern in Verbindung stehen und von diesen ihre niedrige Temperatur haben.

Umgekehrt läßt sich erwarten daß Quellwasser, welches aus Wasseradern oder Sammelbehältern in der Tiefe abstammt, und dieß ist der gewöhnlichere Fall der Bohrquellen, eine Temperatur mitbringt, welche die mittlere des Bodens an der Ausmündung übertrifft, und zwar um so mehr übertrifft, je größer die Tiefe ist, aus welcher es

herkommt und je ausgedehnter die Klüfte sind, worin es sich vor seinem Austritte gesammelt hatte.

Da es nun gar nichts Seltenes ist, daß Bohrlöcher mehrere Wasseradern nach einander durchschneiden, so wird man die sehr gewöhnliche Erscheinung, daß in derselben Umgebung und sogar in unmittelbarer Nachbarschaft Quellen von ungleichen Temperaturen vorkommen, jetzt leicht begreiflich finden.

Man findet allenthalben Quellen, welche eine beständige, d. h. von dem Wechsel der Jahreszeiten unabhängige Temperatur besitzen. Bei weitem die Mehrzahl derselben sind wärmer als der Boden, aus welchem sie hervorkommen, im Mittel. Sie müssen also einen Theil ihrer Wärme aus dem inneren Vorrathe der Erde geschöpft haben, die einen mehr, die andern weniger, je nach der Tiefe ihres Ursprungs; und alle müssen aus einer Tiefe, jedenfalls unterhalb der Gränzfläche der äußeren Temperatureinflüsse hervortreten. Denn wäre es nicht, so müßte ihr Wärmegrad mit den Jahreszeiten wechseln.

Die in der folgenden Tabelle genannten Quellen gehören zu dieser Klasse, wie sich aus einer Vergleichung ihrer Temperatur mit der des Bodens in der Nähe ergiebt. Es sind einige wenige Beispiele, willkührlich aus einer zahllosen Menge anderer genommen, die eben so gut als Beweise dienen könnten, daß Quellen, die wärmer sind als der Boden dem sie entspringen, innerhalb des ganzen Spielraums der Temperaturen, wobei das Wasser sich flüssig erhält, vorkommen.

Name des Orts:	Beständige Temperatur einer Quelle:	Mitteltemperatur des Bodens:
Enontekis (Lappland)	1°,1 C.	— 3°,75 C.
Umea	2°,9	+ 0°,75
Upsala	6°,5	5,56
Carlscrona	8°,5	7°,9
Berlin		8,5
Louisenbrunnen	9,6	
An den Ravensbergen	10,04	
Frankfurt a. M.		9°,8
Schwalheim	12°,5	
Karben	15°,0	
Selters	16,8	
Sooden		
— Sauerbrunnen	13°,1	
— Salzquellen	20°	
— Milchbrunnen	22°,5	
Nauheim	30°	
Schlangenbad	31°,25	
Ems	56,25	
Wiesbaden	70°	
Burtscheid	77°,5	10°
Trincheras bei Puerto Cabello	97°	27°

Wenn einige dieser Quellen vorzugsweise als warme oder heiße Quellen (Thermen, Thermalquellen) bezeichnet werden, so sieht man jetzt, daß dieser Name nur bezie-

hungsweise zu verstehen und nur von dem Gefühlseindrucke auf den menschlichen Körper hergenommen ist, aber keineswegs eine besondere Art ausdrückt. In der That verdanken alle ihren Wärmeinhalt einer und derselben Ursache und ihre Verschiedenheit beruht wesentlich nur auf der Tiefe ihres Ursprungs.

Die außerordentlich große Verbreitung von Quellen, deren Temperaturhöhe aus äußeren Einflüssen nicht mehr erklärbar ist, bestätigt und rechtfertigt in allgemeinster Weise den Grundsatz, von welchem wir ausgegangen waren: daß nämlich die Wärme der Erde überall mit der Tiefe zunimmt. Die heißen Quellen setzen gleichsam die Beweisführung fort, von da an, wo die Beschränktheit der Bohrversuche uns im Stiche läßt.

Das Quellwasser enthält gewöhnlich aufgelös'te Mineralbestandtheile. Doch findet man selbst heiße Quellen, die fast eben so rein sind wie Regenwasser. Dahin gehören Plombières in Lothringen mit 65° Temperatur; Gastein mit 47°,5; Pfeffers mit 37°,2; Wildbad (Würtemberg) mit 37°,5; Badenweiler (Schwarzwald) mit 27°,5; Warmbrunn in Schlesien mit 36°. Auch die Petersquellen am Kaukasus sind bei 90° Temperatur fast frei von festen Bestandtheilen. Andere heiße Quellen, wie Pisa mit 44°; Lucca mit 54°; Bagnères de Bigorre mit 50°; Leuk 34—50°,5, enthalten nur etwas Gyps aufgelös't. Die meisten Quellen von tiefem Ursprunge enthalten jedoch mehrere

und oft zahlreiche feste Bestandtheile, unter welchen gewöhnlich einer oder der andere vorherrschend ist.

Über die Ursache des Mineralgehaltes der Quellen hat man sich die sonderbarsten Vorstellungen gemacht. Das Natürliche ist: daß das Wasser von den Gebirgsarten, womit es in Berührung kommt, das Auflösliche allmählig aufnimmt, ganz so wie wir es immer sehen, wenn wir auflösliche Stoffe ins Wasser werfen. So enthalten bei weitem die meisten Quellwasser etwas kohlensauren Kalk (Kalkstein), weil der Kalk eine der verbreitetsten Bestandtheile der festen Erdenrinde und durch die Gegenwart der im Wasser fast nie fehlenden Kohlensäure etwas auflöslich ist. Quellen, die aus einem Boden hervortreten der Kohlensäure in sehr bedeutender Menge aushaucht, nehmen einen verhältnißmäßigen Theil davon auf und werden dadurch zu Säuerlingen. Trifft das Wasser im Innern mit salzhaltigem Gestein oder vielleicht selbst mit einem Salzsteinlager zusammen, so bildet es eine mehr oder weniger gesättigte Salzsoole. Auf ganz ähnliche Weise kommt Gyps, Glaubersalz, Eisen, Bittererde u. s. w., auf ähnliche Weise kommen hier und da kohlensaure Alkalien und schwefelhaltige Stoffe, selbst Schwefelwasserstoff in das Quellwasser. Der Wärmegrad des Wassers äußert keinen Einfluß auf die Beschaffenheit und nur einen untergeordneten auf die Menge der darin aufgelös'ten Stoffe. Kohlensäure z. B. trifft man in Quellen von sehr verschiedener Temperatur, heißen wie kalten. So führt der karlsbader Sprudel bei 75°, der

nauheimer Springquell bei 30°, Kohlensäure in großer Menge; dieser flüchtige Stoff kann jedoch an der Oberfläche der Erde nur in kaltem Wasser in bedeutender Menge zurückgehalten werden; die vorzugsweise sogenannten Sauerbrunnen sind daher Quellen von niedriger Temperatur: wie Selters mit 16°,8; Pyrmont mit 13°,75; Schwalheim mit 12°,5; Rohitsch mit 11°,25; Geilnau mit 11°; Fachingen mit 10°; Schwalbach mit 10° u. s. w. Die meisten Säuerlinge enthalten etwas kohlensaures Eisen, welches ähnlich wie der kohlensaure Kalk, in dem kohlensäurehaltigen Wasser auflöslich ist. Wenn der eigenthümliche Geschmack des Eisens sehr vorherrschend wird, wie bei dem Wasser von Pyrmont, Langen-Schwalbach, Rohitsch, Spaa u. s. w., nennt man sie Eisenwasser.

Unter den Quellen, die einen starken Geschmack nach Schwefel-Alkalien oder nach Schwefel-Wasserstoff besitzen, unter den sogenannten Schwefelwassern, findet man welche von sehr hoher und andere von niedriger Temperatur. Die berühmten Schwefelquellen zu Aachen zeigen von 44 bis zu 57°,5 Wärme; eine der Quellen von Burtscheid bei Aachen besitzt sogar die Temperatur von 77°,5. Baden im Aargau hat 64°; Aix in Savoyen 54°,3; Mehadia in Ungarn 53°; Barrèges 40°; Baden bei Wien 28°,75; das bekannte Schwefelbad Nenndorf dagegen nur 10°; Bentheim 10°.

Der Salzgehalt der Salzquellen steht eben so wenig im Zusammenhang mit ihrem Wärmegrad. Die Tempe-

ratur mehrerer fast gesättigter Salzsoolen übertrifft die des Bodens nur um wenige Grade, während die berühmten heißen Quellen von Wiesbaden mit 70°, und Baden-Baden mit 67°,5 sich keineswegs durch Reichthum an Salz auszeichnen. Das Salz, wegen seiner großen Verbreitung in der Erde, gehört übrigens zu den gewöhnlichsten Bestandtheilen der Mineralwasser. Seltener ist das Glaubersalz (schwefelsaures Natron) vorherrschend, wie bei dem berühmten karlsbader Sprudel mit 75°; bei den Quellen von Bath in England 46°,25; Lavey (Wadtland) 45°; St. Gervais (Savoyen) 41°,25; Marienbad in Böhmen 12 u. s. w.

Quellen welche Alkalien, insbesondere kohlensaures Natron, als Hauptbestandtheil mit sich führen, sind noch weniger häufig. Aigues-Chaudes (Dep. Cantal) mit 87°,5 Temperatur *); Vichy (Dep. de l'Allier) mit 45°; die Kaiserquelle in Ofen mit 61°; Töplitz in Böhmen mit 49°,4; Ems mit 56°,25; Schlangenbad mit 31°,25; Geilnau mit 10°,6; Fachingen mit 10° Temperatur gehören zu den alkalischen Quellen.

---

*) Die heiße Quelle zu Aigues-Chaudes liefert täglich 230,000 Litre Wasser. Dieses wird im Winter durch Röhrenverzweigungen in viele Wohnungen der Stadt geleitet und als Heizungsmittel benutzt. Nach Berthier's Berechnung soll es den Einwohnern einen Wald von 540 Hectaren Fläche ersetzen.

Fünfter Vortrag.

Über die heißen Quellen und Dampfausströmungen.

Neben der Wirksamkeit des Wasserdrucks in heberförmigen Gebirgsspalten, der bei weitem allgemeinsten Ursache der Quellenbildung, kann auch die Spannkraft (der Druck) gasförmiger Körper, insbesondere des kohlensauren Gases und des Wasserdampfs, einen sehr mächtigen Einfluß auf die Bewegung des Wassers im Innern der Erde und dessen Hervorsprudeln über die Oberfläche ausüben.

Es ist schon früher gezeigt worden, daß das Wasser in einer Tiefe von ungefähr 10,000 Fuß, allein schon durch die Einwirkung der Erdwärme, die Siedhitze annehmen müsse. Hieraus folgt aber keineswegs, daß es sich dort wirklich im Zustande des Siedens befinde, denn der Siedeproceß, d. h. die Erscheinung des Aufsteigens von Dampfblasen aus dem Innern des Wassers, setzt (wie die Physik lehrt) als nothwendige Bedingung voraus: daß der auf dem Wasser lastende Druck geringer oder doch wenigstens nicht größer sei als der Gegendruck des gespannten Wassergases (des Dampfes). Nun läßt sich als Regel geltend machen, daß die Klüfte im Innern der Erde, so tief sie auch hinabgehen mögen, sich in kurzer Zeit mit Wasser ganz anfüllen müssen. Man darf daher annehmen, daß die bis zu jener Tiefe einge-

drungne Flüssigkeit die Last einer Wassersäule von 10,000 Fuß Höhe, oder einen Druck von $\frac{10000}{32}$, d. h. fast 313 Atmosphären (den Atmosphärendruck zu 32 Fuß Wasserhöhe gerechnet) zu tragen hat, während doch Wasserdampf von 100° nur einen Atmosphärendruck aushalten kann. Die Flüssigkeit in diesen tiefen Behältern verhält sich also ähnlich wie das in einem wohl verschloßnen Kessel befindliche Wasser, wenn dasselbe auf 100 und mehr Grade erwärmt wird. Es bleibt tropfbar flüssig, ungeachtet sein Streben Dämpfe zu bilden, sowie die Gewalt mit der es auf die Wände drückt, bei steigender Temperatur zunimmt. Die experimentellen Untersuchungen des Dampfes haben gelehrt, daß seine Spannkraft, d. h. sein Vermögen äußeren Widerständen das Gleichgewicht zu halten, weit rascher zunimmt als seine Temperatur. Man weiß z. B. daß schon das eiskalte Wasser, ja das Eis selbst Dämpfe bildet und daß hierin der Grund liegt, warum es, in offnen Gefäßen hingestellt, sich allmählig in der Luft zerstreut, warum es verdunstet. Die Spannkraft dieser Dämpfe ist jedoch sehr gering. Um dem Wasser die Fähigkeit zu ertheilen Dämpfe zu entwickeln, welche dem Drucke der Atmosphäre Widerstand leisten können, ist eine Temperaturerhöhung bis zu 100° nothwendig. Auf weitere 100°, im Ganzen also bis zu 200° erhitzt, (ein Wärmegrad, welcher in 20,000 Fuß Tiefe unter der Erdoberfläche herrscht) zeigen die aus dem Wasser hervortretenden Dämpfe schon die 15fache Spannung, ungeachtet doch ihr Wärmegrad nur auf das

Doppelte gestiegen ist. Bei 265° können sie die Spannkraft von 50 Atmosphären annehmen, d. h. sie vermögen den Gegendruck einer Wassersäule von 1,600 Par. Fuß auszuhalten. Genaue Erfahrungen gehen nicht weiter, aber es läßt sich nun schon voraussehen, daß in irgend einer Tiefe unter der Erdoberfläche, das Bestreben des Wassers Dämpfe zu erzeugen, die erforderliche Stärke erreichen muß, die darauf drückende Wassersäule zu heben, wie hoch auch immer diese Säule sein mag. In dieser Tiefe muß sich folglich das flüssige Wasser unter dem Einflusse der Erdwärme in dauerndem Siedezustande befinden und vorhandne Räume müssen sich mit Dampf, d. h. mit Wasser im elastisch-flüssigen oder gasförmigen Zustande anfüllen. Die Rechnung, deren Grundlagen jedoch nur die Geltung einer Annäherung an die Wahrheit in Anspruch nehmen dürfen, bestimmt diese Tiefe im mittleren Europa zu etwa 40,000 Fuß und die erforderliche Temperatur des Wassers zu 414° C. Alles noch tiefer eingedrungene Wasser wird sich um so mehr in dem Zustande ununterbrochener Verdampfung befinden.

Die gebildeten Dämpfe erheben sich in den Verbindungskanälen, in den Zerklüftungen und Spalten, durch welche das Wasser in die Tiefe herabgesunken ist. Allein in den höher liegenden Strecken finden sie diejenige Temperatur nicht vor, welche sie befähigt dem gewaltigen Drucke von Oben zu widerstehen. Sie kühlen sich daher ab und treten in den flüssigen Zustand zurück, ganz so wie man es in jeder Glasretorte, die mit Wasser gefüllt und

über das Feuer gesetzt wird, kurz vor dem Eintritte des Aufwallens, bei den vom Boden aufsteigenden Dampfblasen beobachten kann. Dabei überträgt sich jedoch die gebundene Wärme *) des Dampfes auf die kühleren Umgebungen und bewirkt eine allmählige stärkere Erwärmung derselben, bis die später folgenden Dämpfe nicht mehr verdichtet werden und daher zu größerer Höhe aufsteigen können. Auf diese Weise wird die Wärme aus den tieferen Eingeweiden der Erde nach und nach gegen die Oberfläche und selbst bis zu dieser hin fortgepflanzt; freilich mit immer abnehmender Temperatur, denn das Wasser kann keinen höheren Hitzegrad annehmen, als den, wobei unter dem Gegendrucke von Außen gerade die Dampfbildung eingeleitet wird. Z. B. in der Tiefe von 10,000 Fuß kann das Wasser unter dem unausgesetzten Einflusse aufsteigender Dämpfe bis zu 353° gebracht, aber nicht über diese Temperatur hinaus erhitzt werden. Bei 32 Fuß Tiefe läßt es sich nicht über 121° und an der Oberfläche selbst höchstens bis zu 100° erhitzen. Denn so wie diese Temperatur eingetreten ist, wird der ganze Wärmeüberschuß des von unten zufließenden heißeren Wassers zur Dampfbildung verwendet, die Flüssigkeit beginnt an der betreffenden Stelle zu kochen.

Die folgende Tafel gewährt eine Übersicht der möglichen Erwärmung des Wassers unter der Erdoberfläche

---

*) Jedermann weiß, daß das Wasser durch Einleiten von Dämpfen, die sich darin verdichten, erwärmt werden kann.

und unter dem Einflusse der aus der Tiefe sich erhebenden Dämpfe.

An der Oberfläche selbst . .		100°
In der Tiefe von 16	Fuß	111,7
32	»	120,7
48	»	128,0
64	»	134,2
96	»	144,4
128	»	152,7
182	»	159,9
224	»	166,1
256	»	171,6
288	»	176,7
320	»	181,3

Leicht begreift sich jetzt die Möglichkeit eines Hervorbrechens von Dämpfen selbst bis zur Oberfläche der Erde, überall wo die Nebenumstände ein solches Verhalten begünstigen; wenn insbesondere die unterirdischen Wasseradern in ihren Verzweigungen weit genug hinabreichen und der Zutritt kälterer Tagewasser in den oberen Strecken gehindert ist. Die Abkühlung durch die Wände der Leitungskanäle kommt weniger in Betracht, weil die festen Massen der Erde das Vermögen die Wärme fortzupflanzen nur in einem sehr geringen Grade besitzen.

Dampfausströmungen (Fumarolen) und Quellen siedenden Wassers kommen an verschiedenen Orten, namentlich in vulkanischen Gegenden, vor. Man findet dafür Belege in Menge in den Lagoni von Toskana; auf

den Inseln Ischia, Lipari, Pantellaria; bei Bajä; bei St. Germano in der Nähe von Neapel; auf der so berühmten Solfatara von Puzzuoli und vielen andern Gegenden von ähnlicher Beschaffenheit; am Pic von Teneriffa; dem Jorullo in Mexico; auf der Insel Island u. s. w. Kein Land besitzt Quellen von Dampf und siedendem Wasser in größerer Anzahl als die Insel Island. Sie sind schon oft beschrieben und von Naturforschern untersucht worden; auf eine sehr gründliche und fast erschöpfende Weise erst vor Kurzem von Bunsen. Die folgende Darstellung ist in der Hauptsache ein Auszug seiner Arbeit.

Man findet heiße Quellen an sehr vielen Puncten in der Nähe der vulkanischen Gebirge Islands; häufig in großer Menge zusammengedrängt. Bald erblickt man länglich runde Wannen und große Behälter aus Kieseltuff gebildet, aus welchen das heiße Wasser ruhig abfließt. Bald sieht man es aus runden Schächten von bewunderungswürdiger Regelmäßigkeit hervorsprudeln. Bald springt es in Strahlen aus kleinen Kraterkegeln hervor und zerstäubt in Schaum und Dampf. In manchen Öffnungen vernimmt man aus der Tiefe ganz deutlich das Geräusch des Siedens, ohne daß Wasser überfließt; aus mehreren bricht nur ein Dampfstrahl hervor, nicht selten von heftigem Getöse begleitet.

Die isländischen Thermen zeichnen sich durch einen bedeutenden Gehalt an Kieselerde aus, welchen sie dem Palagonit, einer dieser Insel eigenthümlichen, dort aber

sehr verbreiteten, im Wasser etwas löslichen Verbindung der Kieselerde mit Thonerde und Alkali verdanken. Dieser Kieselerdegehalt ist die Ursache der Bildung von weißem Kieselsinter, welcher sich in der Umgebung der Quellen absetzt, den Boden ringsum allmählig erhöht, sogar ursprünglich sumpfige Gegenden erhärtet, und hier und da sich so rasch ausbreitet, daß man noch grünende Pflanzen von der Kieselmasse erfaßt und eingehüllt findet. Bunsen bemerkte, daß beim Erkalten des Wassers sich keine Spur von Kieselerde daraus absonderte; erst beim Abdampfen in einer Schaale schied sie sich in Gestalt einer feinen Kruste und zwar nur an den benetzten Rändern des Gefäßes aus, da wo eine völlige Verdunstung eintrat, während die Flüssigkeit selbst erst bei weit vorgeschrittener Eindickung durch Kieselerdehydrat getrübt wurde. Zum Theile von diesem Verhalten leitet Bunsen die Mannichfaltigkeit in der äußern Erscheinung der isländischen Thermalquellen ab. Man denke sich (sagt er) eine einfache überkrustende Quelle, die das Wasser von ihrem Becken aus über eine flachgeneigte Bodenfläche ausgießt, so ist es einleuchtend, daß der Behälter selbst, in welchem das stets erneuerte Wasser der Verdunstung nur eine höchst unbedeutende Oberfläche darbietet, von Kieselbildungen frei bleiben muß, während seine, den Wasserspiegel überragenden Ränder, an denen sich die Feuchtigkeit hinaufzieht und an welchen sie leicht und schnell eintrocknet, sich mit einer Kieselkruste bekleiden. Weiterhin, wo das Wasser sich auf der die Quelle umgebenden Bodenfläche

ausbreitet, nehmen die Überkrustungen in dem Maße zu, als die Verdunstungsoberfläche wächst. Die dadurch bewirkte Bodenerhöhung setzt dem Abfluß des Wassers nach dieser Seite hin allmählig ein Hinderniß entgegen und leitet dasselbe gegen eine noch tiefer liegende Seite des Bodens, wo das Spiel dieser Sinterbildungen sich von Neuem wiederholt, bis die veränderten Verhältnisse in der Bodenhöhe immer wieder einen Wechsel in der Richtung des Abflusses herbeiführen. Da das Becken der Quelle an diesen Überkrustungen keinen Antheil nimmt, so baut es sich, indem es sich mit einem Hügel von Kieseltuff umgiebt, nach und nach zu einer tiefen Röhre auf, die bei verhältnißmäßiger Enge und von einer nicht zu langsam hervordringenden, unten stark erhitzten Wassersäule erfüllt, alle Bedingungen einer beständig springenden Quelle, wie man deren an vielen Orten in Island beobachtet, in sich vereinigen kann. Wird nämlich die aufsteigende, stets von unten her erneuerte Wassermasse in der Tiefe ihres selbstgeschaffenen Schachtes über 100° erhitzt, so muß sie, während sie steigt, eine dem allmählig verminderten Drucke fortdauernd entsprechende Temperaturerniedrigung (man werfe einen Blick auf die oben mitgetheilte Tabelle) erfahren und endlich an der Oberfläche die Temperatur von höchstens 100° annehmen. Der ganze Wärmeüberschuß über 100° wird dabei zur Dampfbildung verwendet. Das Wasser, durch die Spannkraft der an allen Puncten gleichzeitig entwickelten Dämpfe verdrängt und gehoben und mit denselben zu einem weißen

Schaume vermischt, dringt daher in fortdauerndem Strahle unter Brausen und Zischen aus der Quellenmündung hervor. — Es ist ganz die Erscheinung, die man bei jedem mit Wasser fast angefüllten, weit über den Siedpunct erhitzten und nun plötzlich geöffneten Dampfkessel beobachten kann.

Die Kieseltuffbildungen in der Umgebung dieser Quellen schreiten aber im Laufe der Zeit ununterbrochen fort; der Quellenschacht, sammt dem umliegenden Boden fahren fort sich zu erhöhen, und die Triebkraft des Springquells muß endlich erlöschen, wenn, vielleicht nach Jahrhunderten, bei dem immer mehr anwachsenden Gewichte der Wassersäule an dieser Stelle, die Flüssigkeit anderswo einen bequemeren Ausweg gefunden hat, oder doch der Zudrang von unten in dem Grade verzögert worden ist, daß in Folge des von oben beständig niedersinkenden abgekühlten Wassers, die flüssige Säule an keiner Stelle mehr den Siedpunct zu erreichen vermag. Dann entstehen große Wasserbecken aus Tuffmasse gebildet und angefüllt mit stehendem oder langsam abfließenden Wasser von Krystallhelle und prachtvoller grünlich-blauer Färbung. Solcher Behälter erblickt man mehrere in der Nähe des großen Geisers und an vielen andern Orten Islands, in deren Tiefe man noch die Mündung der früheren Springquelle durchschimmern sieht.

Im höchsten Grade haben die großartigen intermittirenden Quellen Islands, der große Geiser und der Strokkr, die Aufmerksamkeit der Beobachter in Anspruch

genommen. Sie unterscheiden sich nach Bunsen's Untersuchungen von den vorher beschriebenen wesentlich nur durch ihren bedeutenden Umfang bei verhältnißmäßig geringer Ausgiebigkeit. Das durch den allmähligen Absatz von Kieselsinter aufgebaute cylindrische Rohr des Geisers ist 60 Par. Fuß tief bei 9,2 Fuß Weite. Es erweitert sich ganz oben zu einem flachen, tellerartigen Becken von wenigstens 50 Fuß Durchmesser. Unmittelbar nach erfolgtem Ausbruche fand Bunsen dieses Becken leer, und das Wasser stand 4—6 Fuß unter der Mündung der Röhre. Es bedurfte mehrerer Stunden, um den ganzen Behälter wieder zu füllen; das Wasser floß dann in der Gestalt einer kleinen Kascade ruhig über den Rand desselben ab, während die flüssige Säule von unten durch eindringende Dämpfe oder eindringendes Wasser mehr und mehr erhitzt wurde. Allein bei der beträchtlichen Weite des Beckens und dem langsamen Abflusse kühlt sich das Wasser an der Oberfläche bedeutend ab; dadurch schwerer geworden, fließt es theilweise in das Rohr zurück und drückt bis zu einer gewissen Tiefe im Innern desselben die Temperatur unter den Siedpunct herab. Auf diesem einfachen Umstande beruht die nach jedem Ausbruche eintretende längere Ruhe der Quelle. Den Einfluß beider entgegengesetzten Einwirkungen, nämlich der Erwärmung von unten und der Abkühlung von oben, übersieht man aufs Deutlichste aus den folgenden in der Zwischenzeit von einem Ausbruche zum andern in verschiedenen Tiefen der Wassersäule angestellten Temperaturbeobachtungen.

Tiefe unter der Oberfläche.	Stand des Thermometers um		
Par. Fuß:	8½ Uhr:	3 Uhr:	8 Uhr:
0	82°,6 C.	85°,2	84°,7
15,5	85,8	106,4	110,0
30,5	113,0	120,0	121,8
44,6	122,7	123	——
59	123,6	127,5	126,5.

Die dritte dieser Beobachtungsreihen gilt für die Zeit unmittelbar vor dem Ausbruche. Man bemerkt, daß die Temperatur der Wassersäule am Boden des Rohrs gleich anfangs über dem für die Oberfläche geltenden Siedpuncte liegt, von unten nach oben abnimmt und überall niedriger ist, als das Eintreten der Dampfbildung erfordert; daß sie sich unten und oben während der ganzen Zeit nur wenig änderte, wiewohl im Allgemeinen stieg, während in den mittleren Theilen eine stetige und schnellere Zunahme statt fand, und endlich der jeder einzelnen Stelle entsprechende Siedpunct wirklich oder doch beinahe erreicht wurde.

Jetzt bedurfte es nur noch eines mäßigen Anstoßes, z. B. einer geringen Verminderung des Drucks von oben, um alsbald eine allgemeine Störung des Gleichgewichtes herbeizuführen. Veranlassung hierzu giebt die dem eigentlichen Sieden stets vorhergehende Bildung einzelner Dampfblasen. Die Wassersäule hat in irgend einer Tiefe, z. B. bei 30°,5, eben den Siedpunct erreicht; die höhere Temperatur des von unten aufsteigenden Wassers kann also

zu weiterer Erwärmung dieser Schicht nicht mehr verwendet werden; der Überschuß muß die Bildung einer Dampfblase bewirken, welche Spannung genug hat das Wasser vor ihr zu heben. Sie giebt ihre Gegenwart durch die plötzliche Entstehung eines Wasserhügels an der Oberfläche des Kraters zu erkennen. Allein da sie gleich darauf in Schichten gelangt, die dem Siedpuncte noch ferner stehen, so wird sie wieder zu flüssigem Wasser verdichtet, das Gleichgewicht stellt sich wieder her. Diese Erscheinung wiederholt sich öfter, in immer rascherer Folge, schon mehrere Stunden vor dem Ausbruche und ist stets von einem deutlich hörbaren Getöse begleitet, das durch das Zusammenschlagen des Wassers in dem Raume des verdichteten Dampfes verursacht wird. — Nach und nach kommen mehrere Stellen der Wassersäule dem Siedpuncte nahe; eine von Neuem aufsteigende Dampfblase kann nicht so rasch wieder verdichtet werden, sie vergrößert vielmehr noch ihren Umfang, während sie sich erhebt, und verdrängt endlich in den mittleren Theilen des Rohrs auf mehrere Fuß Höhe das Wasser. Ein Theil der Wassersäule wird hierdurch entfernt; der das Aufwallen des Dampfes hemmende Druck vermindert sich, und an allen Stellen, die dem Siedpuncte ganz nahe waren, muß die Dampfbildung beginnen. Mit der zunehmenden Dampfmenge im Rohr werden immer größere Wassermassen emporgehoben, der Widerstand von oben immer mehr vermindert; die beschleunigte Dampferzeugung prägt auch dem noch flüssig gebliebenen Wasser eine beschleunigte

Bewegung ein, und Wasser und Dampf gemischt werden in einem mächtigen, 10 Fuß dicken Strahle auf 100 und mehr Fuß Höhe emporgeschleudert. Diese Erscheinung ist aber nur von ganz kurzer Dauer; die in der Luft abgekühlte Flüssigkeit sinkt zum Theil in das Rohr zurück, die Dampfbildung hört auf, völlige Ruhe kehrt zurück. Die Ausbrüche folgen in ungleichen Zeitabschnitten aufeinander; begreiflich muß eine wechselnde Abkühlung von oben von großem Einfluß darauf sein.

In dem benachbarten riesigen Springquell, dem Strokkr, ließen sich im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse wie bei dem Geiser erkennen. Doch ist sein Schacht nicht cylindrisch, sondern verengt sich nach unten, so daß die untere Öffnung durch Hineinwerfen von Rasen und Steinen verstopft werden konnte. Es erfolgte dann jedesmal nach kurzer Zeit ein heftiger Ausbruch, wobei die hineingeworfenen Körper hoch emporgeschleudert wurden.

Bunsen unterscheidet noch eine andere Art intermittirender Thermen, die ebenfalls in großer Zahl in Island vorkommen, und deren Ausbrüche nicht stoßweise wie bei dem großen Geiser erfolgen und auch nicht auf eine so kurze Dauer beschränkt sind. Sie wiederholen sich mit großer Regelmäßigkeit, bei den einen in Zeiträumen von wenigen Minuten, bei den andern von mehreren Stunden. Als eins der ausgezeichnetsten Beispiele wird die unter dem Namen des kleinen Geisers bekannte Quelle angeführt. Die Mündung des kleinen

Geisers befindet sich in einer kegelförmigen Tufferhöhung und ist theilweise mit Steinen zugeworfen. Zwischen diesen Steinen, die zeitweise nicht mit Wasser bedeckt sind, preßt sich der kochende Wasserstrahl periodisch hervor. Die Ausbrüche wiederholten sich zur Zeit von Bunsen's Anwesenheit mit großer Regelmäßigkeit in Zwischenzeiten von 3 Stunden 45 Minuten, und zwar so, daß Morgens zwischen 9 und 10 Uhr der Hauptausbruch folgte, gegen welchen die übrigen an Ausdehnung und Schönheit weit zurücktraten. Ihr Herannahen giebt sich durch eine allmählig zunehmende Dampfentwicklung und durch ein unterirdisches Plätschern zu erkennen. Dann tritt heißer Wasserschaum mit den Dämpfen hervor, der in langsamen Perioden steigend und fallend sich immer höher und höher erhebt, bis er nach etwa zehn Minuten, wo die Erscheinung ihre größte Entwicklung erreicht hat, in senkrecht und seitlich aufspritzenden Garben gegen 30—40 Fuß hoch emporsteigt. Dann nehmen die Strahlen an Umfang und Höhe in ähnlicher Weise ab, wie sie sich erhoben, bis die Quelle nach wieder 10 Minuten zur alten Ruhe zurückkehrt.

Um diese zeitweisen Ausbrüche zu erklären, neigt sich Bunsen zu der schon vor ihm von Mackenzie und Andern aufgestellten Annahme unterirdischer Höhlungen, die gleichzeitig dem Wasser und den Dämpfen zugänglich sind. Ersteres wird durch letztere zum Sieden erhitzt und bei allmählig überhand nehmender Spannung hervorgepreßt; ähnlich wie das Wasser aus dem Windkasten einer

Spritze durch die Spannung verdichteter Luft hervorgetrieben wird.

Seitdem es gelungen ist, den Einfluß der Wasserdämpfe auf die Entstehung der isländischen heißen Quellen mit Sicherheit nachzuweisen, ist man berechtigt auf die Mitwirkung derselben Ursache auch bei vielen andern heißen Quellen zu schließen; bei solchen namentlich, die nicht von hohen Gebirgen beherrscht werden, wie bei den fast siedend heißen Quellen der Inseln: Ischia, Lipari und Pantellaria, in deren Nähe, und zwar gewöhnlich an höher gelegenen Puncten, überdies auch Dampfausströmungen (Fumarolen) bemerkt werden. Selbst manche weniger heiße Quellen, wie die von Aachen, Burtscheid, Chaudes-Aigues u. a. m., scheinen von der Wirksamkeit unterirdischer Dämpfe abhängig zu sein.

Sechster Vortrag.

über die Gasquellen und Schlamm-Vulkane.

Die Wirksamkeit des kohlensauren Gases als Triebkraft des Quellwassers ist derjenigen der Wasserdämpfe sehr ähnlich. Das Wasser, wo es mit angehäufter Kohlensäure in Berührung kommt, vermag etwas mehr als seinen eignen Rauminhalt davon aufzulösen. Z. B. 1 K. F. Wasser nimmt 1 K. F. Kohlensäure auf, und zwar ohne daß sein eigner Umfang merklich dadurch ver-

größert wird. Dieses Verhältniß der Auflöslichkeit der Kohlensäure ist unveränderlich, wie sich auch die Dichtigkeit dieses gasförmigen Körpers verändern mag. Da nun die Kohlensäure wie jedes andere Gas, verhältnißmäßig mit dem Drucke sich verdichtet, so folgt, daß das Wasser dem Gewichte nach um so mehr davon aufnehmen kann, je größer der äußere Druck ist, unter welchem die Auflösung vor sich geht. Z. B. in der Tiefe von 640 Fuß, oder unter dem Drucke einer Wassersäule von 20 Atmosphären, wird das Wasser von der 20mal dichteren Kohlensäure zwar immer nur einen seinem eignen Umfange gleichen Rauminhalt, aber gleichwohl eine 20mal größere Gewichtsmenge davon auflösen können, als unter dem gewöhnlichen atmosphärischen Drucke. Vermindert sich der Druck z. B. auf die Hälfte, so entweicht die Hälfte des aufgelös'ten Gases, weil dasselbe jetzt, wenn es sich im unaufgelös'ten Zustande befände, den doppelten Rauminhalt des Wassers einnehmen würde, letzteres aber nur den einfachen Rauminhalt auflösen und aufgelös't erhalten kann.

Angenommen nun, Wasser, das sich in der Tiefe mehr oder weniger stark mit Kohlensäure gesättigt hat, erreicht in dem die Verbindung nach Außen herstellenden Kanale eine Höhe, bei welcher der Druck von oben geringer ist als die Spannkraft (als das Bestreben in den Gaszustand zurückzutreten) der aufgelös'ten Kohlensäure, so entbindet sich kohlensaures Gas, verdrängt und hebt einen verhältnißmäßigen Theil der tropfbaren Flüssigkeit und verbreitet

sich mit dieser gemengt im Steigrohr; genau so, wie man es beim Öffnen einer Champagnerflasche wahrnimmt. Es wiederholen sich hier, wie man sieht, alle Bedingungen, die vorher bei den isländischen Thermalquellen beleuchtet wurden, nur daß dort der Dampf, hier ein anderer gasförmiger Körper, die Kohlensäure, als wirkende Ursache erscheint. Je nach den Nebenumständen: der Tiefe des Vorkommens, der Weite und Gestalt des Kanals, des Kohlensäuregehaltes, der Temperatur u. s. w., begreift es sich also, daß das Wasser durch die vereinte Kraft des hydrostatischen Drucks und der gespannten Kohlensäure, und sogar allein durch die letztere gehoben und über die Erdoberfläche emporgetrieben werden kann; bald in gleichförmig fortdauerndem Strahle, wie aus dem erbohrten Springquell zu Nauheim, bald intermittirend, wie in Kissingen und dem Karlsbader Sprudel.

An unzähligen Puncten dringt das kohlensaure Gas auch ohne seinen gewöhnlichen Begleiter, das Wasser, aus der Erde. Solche Gasquellen nennt man Mofetten. Überall, wo sie vorkommen, wirken sie vernichtend auf das Pflanzenleben. Diejenigen Stellen des Bodens, welche Kohlensäure in bedeutender Menge aushauchen, zeichnen sich deshalb immer dadurch aus, daß sie vom Pflanzenwuchs entblößt sind. Man trifft auf sie vorzugsweise in solchen Gegenden, in welchen Vulkane noch thätig sind, oder doch die Spuren früherer vulkanischer Thätigkeit sich nicht verkennen lassen. So in der Eifel, in den Wesergebirgen,

der Wetterau, in den Umgebungen der böhmischen Bäder, in der Auvergne u. s. w.

Bei Saatzen und Istrup, im Innern der paderborner Hochfläche, strömt die Kohlensäure mit Heftigkeit aus tausenden von Entwicklungs-Kanälen (Fr. Hoffmann). In einer sumpfigen Wiese bei Istrup werden durch diese Ströme Schlammhügel von 15—20 Fuß Höhe und wohl 100 Fuß Umfang aufgeworfen, an deren Oberfläche zahllose kleine Wasserbehälter oder Pfützen, durch darin aufsteigende faustſtarke Gasblasen fortwährend in brodelnder Bewegung erhalten werden. — Im Brohlthale an der Eifel liefert eine einzige Gasquelle täglich beiläufig 5000 K. F. Kohlensäure (G. Bischof) und die zahlreichen Gasquellen der Eifel zusammengenommen, sollen nach beiläufiger Schätzung täglich gegen 5 Millionen K. F. oder 600000 Pf. aushauchen. Um eine eben so große Menge durch Verbrennung von Buchenholz zu erzeugen, würden täglich 12000 K. F. Klafter-Holz verwendet werden müssen.

Diese ungeheuren Mengen nicht einathembarer Gase werden gleichwohl, wo sie im Freien ausströmen, rasch verweht und äußern keinen merklichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Luft. In mehr geschlossenen Räumen sammelt sich die Kohlensäure auf dem Boden an, weil sie schwerer ist als die Luft und deshalb, so lange sie noch nicht mit der letzteren gemischt ist, wie Wasser darin niedersinkt. In Höhlen und Thalkesseln, in welchen eine starke Kohlensäure-Entwicklung ununterbrochen fortdauert,

wie in der Hundsgrotte beim See Agnano, 4 Meilen von Neapel, oder wie in der bekannten Dunsthöhle bei Pyrmont, ist daher der Boden stets einige Fuß hoch mit diesem schweren Gase bedeckt. Läßt man eine große Seifenblase in der Luft dieser Höhlen niedersinken, so beginnt sie, an der Gränze der Kohlensäure-Schicht angekommen, zu oscilliren, wie ein Stück Holz, das man aus einiger Höhe auf Wasser niederfallen läßt; dann schwimmt sie ruhig fort bis sie zerplatzt. Thiere, in diese Räume gebracht, müssen ersticken, wenn nicht der Obertheil des Körpers, besonders der Kopf, über der erwähnten Gränze hervorragt.

Das Todesthal, ein durch neuere Reisende bekannt gewordenes Kesselthal auf der Insel Java, schuldet seinen verderblichen Einfluß auf alles organische Leben wahrscheinlich auch den Ausdünstungen von Kohlensäure.

Vorübergehende Kohlensäure-Entwicklungen zeigen sich als eine regelmäßige Folge vulkanischer Ausbrüche. In den Umgebungen des Vesuvs dringen sie aus Felsspalten und Kellern, gewöhnlich erst einige Wochen nach dem Ausbruche, in reichlicher Menge hervor und verschwinden nach einiger Zeit wieder ganz.

An manchen Orten bricht Kohlensäure gemengt mit Wasserdampf aus der Erde hervor. Eins der merkwürdigsten Vorkommen der Art bilden die Lagoni in Toskana, eine hügelige Gegend, im Umkreise von mehreren Stunden ohne den geringsten Pflanzenwuchs und stets eingehüllt in einen weißlichen übel riechenden Nebel.

Der Boden ist dort im Allgemeinen abschüssig und durch die an zahllosen wechselnden Stellen ausströmenden Gase und Dämpfe aufgelockert; an einigen Stellen oberflächlich trocken und oft brennend heiß, an andern mit schlammigen Pfützen (Lagoni) bedeckt. In geringer Tiefe findet man überall eine schlammige durch heißes Wasser verflüssigte Masse, in welche man durch die anscheinend erhärtete Oberfläche stets Gefahr läuft durchzubrechen. Die Dämpfe und Gase erheben sich mit großer Gewalt, theils aus Spalten und Öffnungen (Suffioni genannt) der erhärteten Kruste, theils mitten aus kleinen Pfützen, indem sie die Flüssigkeit aufwerfen und Schlamm mit Wasser emporschleudern. Diese Ausströmungen haben eine technische Wichtigkeit erlangt, weil sie Borsäure, einen Bestandtheil des Borax, mit sich führen und in dem Wasser absetzen. Man gewinnt sie daraus durch Abdampfen. Es befinden sich zu diesem Zwecke 10 Fabrikgebäude in der Umgegend zerstreut, die im Jahre 1846 zusammen zwei Millionen Pfund krystallisirte Borsäure lieferten. Das Abdampfen geschieht in Pfannen, zu deren Erwärmung man die ausströmenden Dämpfe selbst benutzt, deren Temperatur zu 97—100° angegeben wird (Payen).

In gewissen Gegenden ist den aus der Erde hervorströmenden Dämpfen neben Kohlensäure, etwas Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und selbst Schwefeldampf beigemengt; zwar immer nur in sehr geringer Menge, aber doch durch den eigenthümlichen Geruch und die Massen des im Laufe der Zeit abgesetzten Schwefels leicht erkenn-

bar. Dieß sind die Solfataren. Am bekanntesten durch dieses Vorkommen ist die mit Schwefelwasserstoffhaltigen Fumarolen übersäete Solfatara von Puzzuoli. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigen sich aber auch in anderen vulkanischen Gegenden. Bunsen sagt über die Solfataren von Krisuwick und Reykjablid, den wichtigsten Erscheinungen dieser Art in Island: Aushauchungen von schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefel und Wasserdampf durchbrechen hier in wilder Unordnung den heißen, aus Palagonittuff bestehenden Boden, und breiten sich weit hin über die dampfenden Schwefelfelder aus, welche in Folge der Zersetzung des Palagonits *) und jener Gase untereinander in steter Fortbildung sind. Die Gas- und Dampfausbrüche nehmen auf diesen Flächen, deren trügerische Schwefel- und Thondecke der Beobachter nur mit Vorsicht betreten darf, um nicht in den heißen Schlamm zu versinken, den verschiedenartigsten Charakter an. An den Gehängen der Berge, wo ein festeres Gestein ihrer weiteren Ausbreitung eine Schranke entgegengesetzt, dringen sie aus Klüften und Gesteinspalten in Gestalt mächtiger Dampfstrahlen brausend und zischend, oder wenn der Schall an den Vorsprüngen unterirdischer Höh-

*) Palagonit ist eine aus Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, Kalkerde, Bittererde, Kali, Natron und Wasser zusammengesetzte, der Insel Island eigenthümliche Gebirgsart, welche der Einwirkung der schwächsten Säuren nicht widersteht und selbst im Wasser theilweise löslich ist.

lungen sich bricht, mit wahrhaft brüllendem Getöse hervor. Wo sich dagegen das Quellsystem mehr nach der Thalsohle in dem lockeren Tuffgebirge hinabzieht, gewahrt man siedende Schlammpfuhle, in welchen ein widerlich blauschwarzer Thonbrei zu ungeheuren Blasen sich auftreibt, die bei ihrem Zerplatzen den kochendheißen Schlamm oft an 15 Fuß hoch emporschleudern und in kraterartigen Wällen um die Quellenbecken aufhäufen. Alle diese Erscheinungen bilden in ihrer Gesammtheit ein Bild der wildesten Verwüstung, das an schauerlicher Öde nur von der finsteren Gebirgsnatur übertroffen wird, welche diese Schauspiele umgiebt.

Da der Schwefelwasserstoff immer nur als geringe Beimengung der Kohlensäure und des Wasserdampfes auftritt, so glaubt man, daß derselbe durch das Vorbeistreichen von Wasserdämpfen und kohlensaurem Gase an Schwefelmetallen (Schwefelcalcium, Schwefelkalium, Schwefelnatrium u. s. w.) gebildet werde. Die schweflige Säure, wo sie sich zeigt, entsteht ohne Zweifel durch Verbrennung von Schwefelwasserstoff oder von bereits gebildetem Schwefel. Wo Schwefelwasserstoff und schweflige Säure bei Gegenwart von Wasser in Berührung kommen, zersetzen sie sich wechselseitig in Wasser und Schwefel, daher diese Gase, wenn sie gleichzeitig in den Fumarolen auftreten, stets von Schwefeldämpfen begleitet sind. Das mit Dampf gemengte Schwefelwasserstoffgas erleidet aber auch schon durch den Zutritt der Luft eine langsame Zerstörung, wobei sein Wasserstoff zu Wasser

oxidirt, sein Schwefel als solcher abgeschieden wird. Die allmählige Ablagerung von Schwefel auf den Solfataren ist nunmehr leicht erklärlich.

Die große Verbreitung von Kohlensäure-Ausströmungen läßt auf eine sehr allgemein wirkende Ursache ihrer Entstehung schließen, und ihr häufiges Vorkommen in vulkanischen Gegenden und in Begleitung von Dämpfen giebt der Vermuthung Raum, daß dieses Gas wenigstens theilweise tief im Innern der Erde unter dem gleichzeitigen Einflusse einer hohen Temperatur und der Wasserdämpfe gebildet werde. In der That bietet das in vielen Gegenden tief in das Innere der Erde hinabreichende Kalksteingebirge unermeßliche Vorräthe von Kohlensäure. Der Kalkstein, in geschlossenen Räumen erhitzt, läßt zwar die Kohlensäure nicht frei. Befindet sich aber der glühende Stein unter der Einwirkung eines anderen Stoffes, der sich an der Stelle der Kohlensäure mit dem ätzenden Kalke verbinden kann, z. B. unter der Einwirkung der Kieselerde, oder ist er einem Dampfstrome ausgesetzt, der die geringsten Mengen freigewordener Kohlensäure sogleich entführt, so wird diese leicht ausgetrieben und kann dann gemeinschaftlich mit den Dämpfen, oder wenn letztere durch irgend abkühlende Einflüsse noch im Innern der Erde verdichtet werden, mit Wasser gemischt, oder endlich auch allein und in Gasform zur Oberfläche gelangen.

Einen andern, weniger tief liegenden Ursprung des kohlensauren Gases finden wir in den zahlreichen Lagern von Pflanzen-Überresten im Innern der Erde. Pflanzen

und Pflanzentheile, deren Lebensthätigkeit erloschen ist, treten bei Gegenwart von Feuchtigkeit sehr bald in einen Zustand allmähliger Zersetzung, der unter dem fortdauernden Einflusse der Luft nur mit ihrer völligen Zerstörung und Umwandlung in Kohlensäure und Wasser beendigt ist. Dieß ist eine der gewöhnlichsten Ursachen der Kohlensäure-Bildung in der Luft und in der obersten Schicht der Erde, so weit die Luft noch eindringen kann. Aber auch da, wo der freie Zutritt der Luft gehindert oder ganz ausgeschlossen ist, erleiden die Pflanzen-Überreste eine allmählige, je nach der Temperaturhöhe mehr oder weniger beschleunigte Umsetzung; jedoch mit verändertem Verlaufe der Erscheinung.

Die Holzsubstanz ist, wie man weiß, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt. Ein Theil des Kohlenstoffs nebst einem verhältnißmäßigen Theile Sauerstoff lös't sich nun aus dieser Verbindung als kohlensaures Gas ab, ein anderer Theil des Kohlenstoffs trennt sich in Verbindung mit Wasserstoff als Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft). Die letztere Bildung tritt jedoch wenigstens anfangs, und wo nicht durch Mitwirkung der Wärme oder durch große Vertheilung der Pflanzen-Überreste, wie in Sümpfen, der Umsetzungsproceß beschleunigt wird, gegen die erstere (die Kohlensäurebildung) zurück, so daß auf der ersten Periode der Umwandlung der Sauerstoffgehalt der Holzmasse abnimmt, der Wasserstoffgehalt, verhältnißmäßig gegen den des Kohlenstoffs und Sauerstoffs, sich vermehrt. Die verschiedenen Braunkohlenarten

befinden sich noch in diesem ersten Stadium der Umänderung. Sie enthalten weniger Sauerstoff, aber mehr Wasserstoff als das Holz. Die sogenannten bösen Wetter oder bösen Schwaden in den Braunkohlengruben, Ströme von Kohlensäure mit wenig Sumpfgas, welche sich beim Bergbau oft aus zufällig geöffneten Klüften ergießen, beweisen die, wenn auch langsam fortdauernde Umsetzung. Je mehr der Sauerstoff aus den Braunkohlen verschwindet, um so mehr nähern sie sich dem Verhalten der in der Regel weit tiefer in dem Gebirge liegenden und dem Ursprunge nach weit älteren Steinkohle. Bei dieser fehlt der Sauerstoff ganz oder fast ganz, während sie an Wasserstoff reicher ist als die Braunkohle. Auch in den Steinkohlenlagern währt, unter dem Einflusse des Sauerstoffs des Wassers, die Kohlensäure-Entwicklung fort; aber auch Kohlenwasserstoffgas (hauptsächlich Sumpfluft), dessen Erzeugung in den tiefsten Kohlenlagern durch den Einfluß einer hohen Temperatur ungemein begünstigt werden mag, tritt jetzt in großer Menge auf, so daß die aus den geöffneten Klüften ausbrechenden Gase sich entzünden lassen und dann eine langgestreckte züngelnde Flamme bilden. Wenn dieses brennbare Gas sich in die Gruben ergießt, ohne daß es zeitig wahrgenommen wird, und wenn es sich mit der zur Verbrennung hinreichenden Luftmenge mischen konnte, so pflanzt sich die durch eine Lampenflamme an irgend einer Stelle eingeleitete Entzündung fast augenblicklich durch die ganze Masse fort. Die heftigsten Erschütterun-

gen und Zerstörungen, leider nur zu häufig von großen Opfern an Menschenleben begleitet, werden durch derartige, gewöhnlich durch Nachlässigkeit der Arbeiter selbst entstehende Unglücksfälle herbeigeführt. Dieß sind die bekannten schlagenden Wetter.

Die entzündlichen Gase, deren Hervortreten aus Schachten und Bohrlöchern man hier und da beobachtet hat und welche in manchen Gegenden auch aus Erdspalten und selbstgebildeten Öffnungen ausströmen, haben sich, wo man sie bis jetzt analysirt hat, ihren Hauptbestandtheilen nach stets als Kohlenwasserstoff, bald mehr bald weniger mit Kohlensäure gemengt, erwiesen. Man kennt ziemlich viele natürliche Quellen brennbarer Gase. Zu den bekanntesten gehören die bei Pietra-Mala unfern der Straße von Florenz nach Bologna und die heiligen Feuer bei Baku in der Nähe des kaspischen Meers, welche für einen Theil der Bewohner noch jetzt einen Gegenstand der Verehrung bilden.

An mehreren Puncten in der Umgebung von Baku muß sich das brennbare Gas aus einer schlammigen Masse emporarbeiten. Es wirft darin kleine kegelförmige Hügel auf, mit trichterförmigen Öffnungen auf den Gipfeln, die mit flüssigem Schlamme gefüllt sind, und woraus sich das Gas in Blasen erhebt, zuweilen Schlamm und Steine emporschleudernd.

Lenz sah auf den Schlammfeldern bei Baku eine große Anzahl solcher Kegel von 2 Fuß Höhe neben einander stehen. Man nennt solche Orte, die flüssigen

Schlamm auswerfen, Schlammvulkane, auch Salsen *). Sie kommen in ähnlicher Art in verschiedenen Ländern vor; so in Italien an mehreren Orten: bei Maina unweit Modena, bei Querzuola in der Gegend von Reggio u. a. m.; so der 150 Fuß hohe Macaluba bei Girgenti in Sicilien, so die berühmten Schlammvulkane in der Krimm und auf der benachbarten Halbinsel Taman u. s. w.

Die verschiedenen Ausgänge, welche sich das Gas in den Schlammkegeln gebildet hat, scheinen zuweilen für den Abfluß der im Innern angesammelten und stark gespannten Gasmasse nicht hinreichend zu sein. Es erfolgen dann gewaltsamere Ausbrüche, begleitet von einem heftigen nicht selten weithin hörbaren Getöse und mächtigen Ergießungen von Schlamm und Wasser. Bei einem Ausbruche des Kuku-Obo auf der Halbinsel Taman im Jahre 1794 sollen 100000 Kubik Toisen Schlamm ausgeflossen sein.

*) Den Namen Salsen verdanken die Schlammvulkane dem häufig salzigen Geschmack des ausgeworfenen Wassers. Ein anderes sehr gewöhnliches Vorkommen ist das des Steinöls. Theils wird es mit dem Schlamme ausgestoßen, theils findet man es in der Nähe hervorquellen.

Siebenter Vortrag.

Über Vulkane und Erdbeben.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden zahlreiche und wohlerwiesene Belege von den mächtigen Wirkungen gespannter Dämpfe und Gase, selbst bei mäßiger Tiefe unter der Erdoberfläche, kennen gelernt haben, nachdem es uns wahrscheinlich, ja fast zur Gewißheit geworden ist, daß diese spannende Kraft in der Tiefe, in Folge der fortdauernden Zunahme der Temperatur, in immer rascherem Verhältnisse anwachsen muß, wird es weniger unbegreiflich erscheinen, daß diese gewaltige Triebkraft endlich selbst bis zu der Größe erstarken kann, um einem Gegendrucke von Tausenden von Atmosphären, ja selbst dem Drucke mächtiger Erdschichten das Gleichgewicht zu halten.

Es ist früher gezeigt worden, daß die Wasserdämpfe bei einer gewissen Tiefe, die wohl 40,000 Fuß betragen mag, eine hinlängliche Spannkraft gewinnen müssen, um die ganze darüber lastende Wassersäule zu heben, und daß das noch tiefer eingedrungene Wasser sich um so mehr im Zustande ununterbrochnen Siedens befinden, d. h. die aus den Erdmassen aufgenommene Wärme sogleich wieder in Dampf umsetzen müsse. Wenn indessen die unter diesen Umständen erzeugten Dämpfe durch die nach oben führenden Kanäle nicht mit einer ihrer Entwicklung gleichen Schnelligkeit zu entweichen vermögen, so vermin=

dert sich die Dampfbildung, die Temperatur des Wassers steigt und mit ihr die Spannung der Dämpfe. Sind Verbindungen vorhanden, wodurch sich dieser Druck in die tieferen Eingeweide der Erde bis zu den im glühenden Flusse befindlichen Massen fortpflanzen kann, so ist ein Heben dieser letzteren und, wo die geeigneten Spalten in den Gebirgsmassen vorkommen, ein Emportreiben selbst bis über die Oberfläche eine eben so begreifliche Folge, wie unter ähnlichen Bedingungen, aber bei geringerer Tiefe der wirksamen Kräfte, die Bildung der Quellen.

Die Naturforscher sind gegenwärtig ziemlich allgemein der Ansicht, daß die vulkanischen Ausbrüche derartigen Einflüssen ihre Entstehung verdanken.

Eine mächtige Stütze für diese Vorstellung liefern die zahlreichen heißen Quellen und Dampfausströmungen, welche in der Umgebung fast aller Vulkane angetroffen werden, so wie der Umstand, daß die vulkanischen Ausbrüche stets von ungeheuren Massen von Wasserdämpfen begleitet sind, die häufig zwischen den flüssigen Lavamassen durchdringen, über dem Krater sich zu Wolken gestalten und nicht selten die Entstehung von Gewittern und heftigen Regengüssen zur unmittelbaren Folge haben.

Selbst das Rauchen der Vulkane während des Ruhezustandes besteht größtentheils aus einer Entbindung von Wasserdämpfen, die je nach der größeren oder geringeren Schwierigkeit, womit sie den Austritt erkämpfen müssen, bald frei ausströmen, bald Steine und Erdreich vor sich herschleudern, ähnlich wie man es bei den Geisern

beobachtet und durch Hineinwerfen von Steinen in ihre Mündungen sogar herbeiführen kann.

Da die Auswürfe der geschmolzenen Erdmassen immer von Dampfströmen begleitet sind, so ist anzunehmen, daß Dämpfe mit flüssigem Gestein vermengt sich in den Zuflußkanälen der Vulkane erheben und daß aus diesem Grunde die gehobene Lavasäule ein bei weitem geringeres Gewicht besitzt, als man jetzt aus der Dichtigkeit der erstarrten, wenn gleich häufig durch und durch blasigen Masse zu schließen, sich veranlaßt fühlen könnte. Überdies ist es denkbar, daß die Lava der noch jetzt thätigen Vulkane aus einer viel weniger bedeutenden Tiefe hervorkommt, als man nach ihrer Schmelztemperatur (welche nach Bischof zwischen die Schmelzhitze des Silbers und Kupfers fällt) erwarten sollte. Denn es ist sehr wohl möglich, daß das in die tiefsten Klüfte der Erde eingedrungene und dort bis zur Glühehitze gebrachte Wasser überall, wo durch das Übergewicht des Druckes von Außen, oder die geringe Weite der nach Außen führenden Kanäle, die Dampfbildung verhindert oder verzögert ist, seine Temperatur auch höher liegenden Schichten mittheilt, die am leichtesten schmelzbaren allmählig verflüssigt und so endlich sich einen Ausweg bahnt, wobei dann die geschmolzenen Massen und das aufgelockerte Erdreich zum Theil mitgerissen werden.

Die Vulkane sind demnach, so wie schon vor langer Zeit Krug von Nidda sich ausdrückte, nichts anderes,

als sehr großartige intermittirende Quellen, aus welchen statt des Wassers flüssige Lava ausströmt.

Man begreift unter dem Namen vulkanischer Erscheinungen alle jene mächtigen Äußerungen der Thätigkeit unterirdischer Kräfte, durch welche aus dem meist gewaltsam geöffneten Boden Feuerströme, Rauch und Asche (glühender, fein zermalmter Sand und Staub) oft zu unglaublicher Höhe emporgetrieben, glühende Schlacken und Steine, selbst Felsstücke ausgeworfen und umher geschleudert werden, häufig Ströme feurig flüssiger Massen (Lava) hervorquellen, in manchen Fällen auch Schlamm und Wasser in ungeheurer Menge ausbrechen, zuweilen Berge in der Mitte von Thälern und Ebnen sich erhoben haben und mitten im Meere Inseln emporgestiegen sind.

Zahllose Beispiele der Art fallen in die geschichtliche Zeit und wiederholen sich alljährlich.

Bei weitem in der Mehrzahl der Fälle haben die Ausbruchsöffnungen der vulkanischen Wirksamkeit nur ein einzigesmal gedient. Sie verstopften sich wieder, nachdem die innere Thätigkeit sich für diesmal erschöpft hatte. Die in der Folge wieder angesammelten elastischen Kräfte der Tiefe entluden sich dann nach anderer Richtung. Hier und da zeigen sich jedoch dauerndere Verbindungscanäle mit dem Inneren. Sie bilden gleichsam die Rauchfänge der unterirdischen Feuerstätten. Diese nun werden vorzugsweise Vulkane oder Feuerberge genannt.

Man findet deren gegenwärtig wenigstens noch 160 über die Erde zerstreut. Mehrere unter ihnen erscheinen

gleichsam als die Brennpuncte des in mehr oder weniger weitem Kreise sie umgebenden vulkanischen Bodens. Sie sind gewöhnlich die hervorragendsten Gipfel ganzer Gruppen nahe zusammengedrängter Ausbruchsstellen, von welchen bald die eine bald die andere eine vorherrschende Thätigkeit gezeigt hat. Man nennt sie Central-Vulkane. Dahin gehört der Vesuv (3774 Fuß hoch), der einzige noch thätige Vulkan auf dem festen Lande von Europa; der 10,300 Fuß hohe Ätna; der noch höhere Pic von Teyde auf Teneriffa; der Pico der Azoren; der Mowna-Roa auf Owaihi, der höchste bekannte Inselberg (seine Höhe soll nach einigen Messungen 14,000 Fuß erreichen); der durch seine häufigen und mächtigen Ausbrüche bekannte Vulkan auf der Insel Bourbon und mehrere andere. Auch der erst vor einigen Jahren im südlichen Eismeer unter dem 78° S. B. entdeckte 12,400 Fuß hohe Erebus ist wahrscheinlich ein Central-Vulkan.

Bei den meisten der kleineren Kraterkegel, die den Central-Vulkan umgeben, kennt man nur einen einzigen Auswurf, welchem sie zugleich ihre Entstehung verdankten, während zu früheren und späteren Zeiten die vulkanische Thätigkeit an andern, mehr oder weniger weit entfernten Puncten einen Ausweg fand. So, sagt L. v. Buch, ruht die ganze Gruppe der canarischen Inseln auf ein und demselben vulkanischen Heerde, über welchem diese Inseln einzeln aus dem Grunde der See erhoben worden sind. Die Kraft, welche eine so bedeutende Wirkung

hervorzubringen vermag, mußte sich lange im Innern sammeln und verstärken, ehe sie den Widerstand der darauf drückenden Masse überwältigen konnte. Endlich reißt sie die den Meeresgrund bildenden und wohl auch noch tiefer in das Innere hinabreichenden Felsschichten bis über die Oberfläche empor und entweicht durch die mitten in der geborstenen Masse erzeugte gewaltige Öffnung, den sogenannten Erhebungskrater. Eine so große erhobene Masse fällt aber großentheils wieder zurück und verschließt bald die, nur für solche Kraftäußerungen gebildete Öffnung. Es entsteht kein Vulkan; gewöhnlich aber bleiben die gegen den äußeren Rand des Kraters ringsum sich erhebenden Basaltschichten als dauernde Zeugen des einstmaligen Ausbruchs. Der Pic von Teyde steigt in der Mitte eines solchen Erhebungskraters von ungeheurem Umfange als ein hoher Dom von Trachyt herauf; durch seinen Krater, durch die auf seinem Gipfel mündende Öffnung, ist eine Verbindung der Atmosphäre mit dem Innern hergestellt, die durch Erkältung und Zurückfallen geschmolzener Massen nur in der Höhe, nicht in der Tiefe verstopft werden kann. — Ein ähnliches äußeres Verhalten wiederholt sich bei allen anderen Mittelpuncten vulkanischer Wirksamkeit. Ihre Krater sind vorzugsweise die Ableiter der im Innern ihres vulkanischen Gebietes sich spannenden Kräfte. Flüssige Massen (Laven), durch diese Kräfte in Bewegung gesetzt, werden am häufigsten in der Richtung gegen den vulkanischen Kegel, als den Punct des verhältnißmäßig geringsten Wider-

standes geschoben, und fließen ebenfalls durch den Krater aus, wenn sie nicht schon, wie dies insbesondere bei hohen Vulkanen sehr gewöhnlich geschieht, am Fuße derselben zum Ausbruche kommen.

Alles, was man bei dem Vesuve beobachtet hat, rechtfertigt die Ansicht, daß er mit den phlegräischen Feldern bei Puzzuoli und den nahe liegenden Inseln ein einziges vulkanisches Gebiet und zwar den Mittelpunct desselben bildet, und daß jeder Ausbruch in irgend einer Gegend dieses Umkreises ähnliche Ausbrüche an andern Orten verhindert. Während am Berge Epomeo auf der Insel Ischia ein Lavastrom hervorbrach, der Monte Nuovo sich im Lucriner See erhob (1538), vulkanische Erscheinungen in den phlegräischen Feldern in voller Wirksamkeit waren, blieb der Vesuv ruhig, war mit Wald bewachsen und bewohnt. Seit er fortwährend in Bewegung ist, scheinen die Inseln und die Krater bei Puzzuoli völlig unthätig geworden zu sein.

Eine große Anzahl Vulkane liegen oft nahe hintereinander in einer Reihe, wie Essen auf einem die Erdkruste durchziehenden Längen-Spalte, oder sie gruppiren sich zu doppelten Zügen, welche einen mehr oder weniger ausgedehnten Thaleinschnitt begränzen. Man nennt sie Reihen-Vulkane.

Zu dieser Klasse gehören die zahlreichen Isländischen Vulkane, unter welchen wenigstens noch 7 thätige sind. Im Nordosten: der Krabla, Leihrunkur und Tröllladyngur; im Südwesten: der Hecla, Eyafiäll und Kötligia;

im Osten: Öräfa-Jöckul (5561 Fuß hoch), welcher der höchste Berg in Island ist. Aber auch an andern Stellen des die Insel durchziehenden vulkanischen Gürtels brechen häufig ungeheure Spalten auf, und Laven ergießen sich daraus von einer Masse, von einer Länge und Breite, wie sie in andern vulkanischen Ländern ihres Gleichen nicht finden.

Auch die Liparischen Inseln scheinen nur die hervorragenden Kratergipfel eines zusammenhängenden, in die Länge sich erstreckenden vulkanischen Gebietes zu sein. Jedoch nur zwei derselben gehören jetzt noch zu den thätigen Vulkanen; der nimmer ruhende Stromboli und Volkano.

Die westliche Reihe der kleinen Antillen bildet eine zusammenhängende Kette hintereinander liegender vulkanischer Inseln. Guadeloupe, St. Christoph, Martinique und St. Vincent haben die bedeutendsten Vulkane.

Das feste Land von Amerika besitzt eine Menge Vulkane, welche sich auf dem Rücken der Cordilleren erheben und gewöhnlich deren höchste Gipfel bilden. Es sind Reihen-Vulkane. So die lange Reihe der Vulkane von Chili, von welchen mehrere zu den thätigsten der Erde gehören und unter denen der Aconcagua (ungefähr in der Breite von Valparaiso) die Höhe von 22,473 Fuß besitzt. Diese Vulkane erstrecken sich in einer fast geraden Linie und gleichlaufend der Küste von 46° bis 27° S. B. Weiter nördlich in der Kette der Anden liegen die hohen Vulkane von Bolivia und Ober-Peru,

zu denen der Vulkan von Arequipa gehört. — Das Hochland von Quito, welches Humboldt als ein einziges ungeheures vulkanisches Gewölbe bezeichnet, ist von zwei Reihen Vulkanen begränzt, zu welchen die bekannten feuerspeienden Berge: Sangay, Tunguragua*), Cotopari (17,662 F.), Antisana (17,956 F.), Pichincha und Imbaburu gehören. Auch der Vulkan von Tolima schließt sich dieser Reihe an. Das unterirdische Feuer (sagt Humboldt **) bricht bald aus der einen, bald aus der andern dieser Öffnungen aus, die man sich als abgesonderte Vulkane zu betrachten gewöhnt hat.

Besonders ausgezeichnet durch die große Anzahl von ungefähr 40 dicht zusammengedrängten Vulkanen ist der zwischen Nord- und Südamerika liegende Freistaat Guatimala oder Central-Amerika. Alle diese Feuerberge folgen den verschiedenen Biegungen der Cordillere in fast ununterbrochener Reihe. Sie ruhen wahrscheinlich alle auf einer durch die Kräfte der Tiefe hervorgebrachten Spalte und bilden deren Ausgänge in die Atmosphäre.

Die Reihe der Vulkane von Mexico, unter welchen

---

*) Dem Tunguragua gegenüber und in der östlichen Vulkan-Reihe liegt der Chimboraço, der jedoch selbst keinen Krater hat.

**) Als Beleg der ununterbrochenen Fortdauer der innern Thätigkeit, auch wenn nicht gerade Ausbrüche aus den Vulkanen erfolgen, bemerkt Humboldt, daß während seines langen Aufenthaltes in Quito kein Monat verging, ohne daß man, mit und ohne Erdbeben, ein schreckhaftes unterirdisches Getöse unter den Füßen hörte.

der hohe Kegelberg von Colima, der 16,626 F. hohe, stets feuerspeiende Popocatepetl und der wenig niedrigere Vulkan von Orizaba allgemein bekannt sind, folgt nicht den Cordilleren, sondern durchsetzt das schmale Festland von dem stillen Meere bis zu dem Busen von Mexico.

Auf der Halbinsel Californien und weiter nördlich längs der Westküste von Nordamerika kennt man noch mehrere theils rauchende, theils vielleicht erloschne Vulkane, welche sich durch die Halbinsel Alaska bis zu den Aleutischen Inseln fortsetzen und durch die thätige Vulkan-Reihe dieser Inseln gleichsam eine Verbindung mit den zahlreichen und mächtigen Vulkanen von Kamtschatka bilden. Diese ziehen sich vom 57° N. B. in zwei fast gleichlaufenden Reihen bis zu der Südspitze der Halbinsel hin, setzen sich über die ganze Kette der Kurilischen und Japanischen Inseln fort, und umschließen so, im Zusammenhange mit den Vulkan-Reihen der Philippinischen Inseln, der Molukken und Sunda-Inseln, und nur mit geringen Unterbrechungen, in einem langen vulkanischen Gürtel die ganze Ostküste von Asien. Die Inseln Niphon, Luzon und Java sind die Hauptsitze dieser vulkanischen Wirksamkeit. Insbesondere auf der zuletzt genannten Insel drängen sich die Vulkane wie in keinem anderen Lande zusammen, denn man zählt dort deren über 100 und darunter wohl 30 in voller Thätigkeit. Die große Reihe der Sunda-Vulkane, mit dem Feuerberge auf der Barren-Insel, nördlich von Sumatra begin-

nend, zieht sich über Sumatra, Java, Bali, Lambock, Sumbava, Flores und viele kleinere Inseln nach den Inseln Banda, Amboina und Gilolo und so weiter über die Molukken und Philippinen, indem sie sich zugleich in östlicher Richtung der sogenannten Australischen Vulkanen-Reihe anschließt, deren Kraterkegel sich auf den Inseln Neu-Guinea, Neu-Britannien, den Salomons-Inseln, den Neuen Hebriden, erheben, und sich durch einige vereinzelte vulkanische Inseln bis zum Vulkane Egmont auf Neuseeland fortsetzt. Sie umspannt gemeinschaftlich mit den Feuerbergen der Sunda-Inseln in einem weiten Bogen den Osten und Norden von Neuholland.

Viele dieser Vulkane stoßen ununterbrochen mächtige Dampfsäulen aus. Die eigentlichen Ausbrüche beschränken sich jedoch gewöhnlich auf die Dauer von einigen Stunden bis auf mehrere Tage und Wochen und wiederholen sich dann nur nach längeren Zeiträumen. So bei dem Pic von Teyde einmal oder höchstens zweimal im Jahrhundert. Der Kegelberg von Tolima hatte seit zwei Jahrhunderten geruht, als ein heftiger Ausbruch im November 1827 die Fortdauer der unterirdischen Thätigkeit bewies. So hatte man auch den Imbabure fast als erloschen betrachtet, bevor er im Jahre 1691 eine große Landstrecke mit Schlamm und Wasser überschüttete. Bei andern feuerspeienden Bergen sind die Ausbrüche häufiger. So kennt man von dem Ätna seit 2000 Jahren gegen 60. Der Vesuv war seit dem ersten durch Plinius des Jüngeren leben-

dige Beschreibung bekannten Ausbruch im Jahre 79 nach Chr. Geb. wenigstens 80mal in heftiger Bewegung, und im Laufe dieses Jahrhunderts hat er fast nicht aufgehört Feuer zu speien. Vom Hecla kennt man seit dem Anfange des 11. Jahrhunderts 25 Ausbrüche; der letzte im Jahre 1845 begonnene währte noch im Herbst 1846 fort. So soll der Gonung Api auf Banda seit 1472, der Tofua auf einer der Freundschaftsinseln im stillen Meere, so lange man ihn kennt, fast immerwährend glühende Materien auswerfen. Merkwürdig durch seine, so viel man weiß, nun schon seit Jahrtausenden unausgesetzte Thätigkeit ist auch der kleine Vulkan Stromboli. Seine Schlacken- und Bimsteinauswürfe wiederholen sich gewöhnlich in Zeiträumen von wenigen Minuten, nehmen zeitweise an Stärke zu, sind jedoch vergleichungsweise nur von geringer Bedeutung und selten von Lavaergießungen begleitet.

Die gewöhnliche Thätigkeit des Vesuvs beschränkt sich auf Dampfausströmungen und Aufstoßen von Asche, Schlacken und Steinen, welche in dem 1600 Fuß weiten Krater zuweilen zu kegelförmigen Erhebungen aufgethürmt werden. Bei heftigerer Aufregung des Berges vermehren sich diese Auswürfe und verwandeln sich nach und nach in einen unausgesetzten Strom hoch aufgeschleuderter feuriger Massen. Lava dringt mit den nie fehlenden Dämpfen gemengt aus dem Schlunde herauf und füllt den Krater selbst bis zum Überfließen an; oder sie bricht unter heftigem Getöse und Erzittern des Berges an andern

Stellen desselber hervor, während die Auswürfe glühender Massen aus dem Krater fortdauern. — Die Ausbrüche gehen jedoch nicht immer so weit; meistens beruhigt sich der Vulkan nach einer kurzen weniger gewaltsamen Thätigkeit, und die gehobenen glühenden und flüssigen Stoffe kühlen sich ab und erstarren im Grunde des Kraters. Indessen fehlt es selbst nicht bis in die neueste Zeit an häufigen Beispielen zerstörender Ausbrüche.

Die Ausbrüche der Jahre 1805 und 1822 zeichneten sich besonders durch ungeheure Aschenauswürfe aus. Durch die am 24. October 1822 aus dem Krater sich erhebende Aschenwolke wurde bald die ganze Gegend mitten am Tage in das tiefste Dunkel gehüllt, und man war genöthigt mit Laternen in den Straßen zu gehen. Dabei war das Getöse im Innern des Berges so stark, daß durch die bloße Erschütterung der Luft die Decken der Zimmer im Palaste zu Portici gesprengt wurden. In den umliegenden Orten wurde der Boden 15 — 18 Zoll hoch mit Asche bedeckt. Vor dem Ausbruche sah man in der Mitte des Kraters einen 400 Fuß hohen Schlackenkegel, der gleich im Anfange einstürzte, so daß der Kraterboden jetzt 750 F. tiefer liegt als sein nördlicher Rand, über welchen früher jener Schlackenkegel um mehr als 100 Fuß hervorragte.

Am 16. Juni 1794 drang nach mehrtägigen Erschütterungen und heftigem Toben des Berges ein ungeheurer Lavastrom aus einer Seitenspalte hervor, überschwemmte in der Breite von einer halben Meile und

der Höhe von 40 Fuß die fruchtbare wohlangebaute Gegend, riß Kirchen, Klöster, Landhäuser und Alles, was seinem Laufe entgegenstand, mit sich fort, zerstörte die reiche und blühende, damals von 18,000 Menschen bewohnte Stadt Torre del Greco und ergoß sich endlich unter Zischen und Brausen in das Meer. Der Menschenverlust war gering, weil es leicht war der langsam sich dahinwälzenden glühenden Woge zu enteilen.

Auch aus dem Ätna fanden noch in der neuesten Zeit, in den Jahren 1832 und 1842, heftige Ausbrüche statt. Die Lavaergießungen erfolgen jedoch schon lange nicht mehr aus dem Gipfel dieses hohen Berges.

Lavaströme aus den hohen Vulkanen der Anden sind unbekannt oder doch eine große Seltenheit. Dagegen erfolgen aus diesen Bergen zuweilen unglaublich große, alles verheerende Auswürfe von Asche und Ergüsse von Schlamm und Wasser. *)

---

*) Über einen der verheerendsten vulkanischen Ausbrüche in der neuesten Zeit berichtet L. v. Buch: Den 8. October 1822, um ein Uhr Nachmittags, hörte man in der Umgebung des Galung Gung auf Java ein furchtbares Getöse; unmittelbar darauf wurde der Berg in eine undurchdringliche Rauchwolke gehüllt, und Ströme heißen, schwefligen und schlammigen Wassers stürzten von allen Seiten an seinem Abhange herab und verwüsteten und rissen alles mit sich fort, was sie auf ihrem Wege antrafen. Mit Schrecken sah man in Badang den Fluß Tschiwulan eine ungeheure Menge Leichname von Menschen, Rindvieh, Rhinoceros, Tigern, Hirschen, und selbst ganze Häuser vor sich her dem Meere zutreiben. Dieser Ausbruch heißen, schlammigen Wassers

Zu den merkwürdigsten Äußerungen vulkanischer Wirksamkeit, sowohl in Beziehung auf die Menge ausgeworfner Stoffe, wie hinsichtlich der Großartigkeit anderer sie begleitender Erscheinungen, gehört ein Ausbruch des Cosiguina in Nicaragua (der Berg von nur 500 Fuß Höhe liegt auf einer Landzunge in der Bai von Fonseca am stillen Meer), der am 20. Januar 1835 *) begann und mehrere Tage dauerte. Der Aschen- und Bimstein-Auswurf war so furchtbar, daß die nähere Umgebung 43 Stunden hindurch in eine undurchdringliche Finsterniß

---

dauerte zwei Stunden, die hinreichend waren, eine ganze Provinz zu verwüsten und zu zerstören. Um drei Uhr hatte er aufgehört, aber nun erfolgte ein dichter Regen von Asche und Bimsteinen, der die bisher verschonten Felder vernichtete und die Bäume verbrannte. Um fünf Uhr war die Ruhe vollkommen wieder hergestellt und der Berg wieder sichtbar. Und während dieses kurzen Zeitraumes waren alle Wohnungen, alle Dörfer bis auf viele Meilen weit mit Schlamm bedeckt worden; in Gegenden, die kurz vorher noch eben gewesen, waren Hügel aufgeschüttet, und eine große Menge Menschen hatten ihr Leben eingebüßt.

*) Gewiß ist es sehr beachtenswerth, daß an demselben Tage der Aconcagua, den man schon als erloschen betrachtet hatte, so wie der Osorno, beide in der Chili-Reihe, Ausbrüche hatten, und daß einen Monat später, am 20. Februar, während die Bewegung des Cosiguina noch fortdauerte, die Vulkane in der ganzen Länge der Cordilleren von Chili Feuer spieen, ein vulkanischer Ausbruch im Meere in der Nähe der Insel Juan Fernandez statt fand; Chili und die Insel Chiloe durch ein Erdbeben erschüttert, die Küste bleibend gehoben, Conception und alle benachbarten Städte in Chili zerstört wurden.

eingehüllt wurde. Das Ufer des Vorgebirges war durch den Aschenfall um 800 Fuß vorgerückt und in der Bai wurden zwei Inseln von Schlacken und Asche aufgeworfen. Die feine Asche wurde durch den Wind bis nach Jamaika getrieben, wo sie am 24. und 25. Januar an verschiedenen Orten niederfiel, und ein englisches Schiff traf in einer Entfernung von 225 geographischen Meilen von dem Vulkane auf große Massen schwimmender Bimmsteine. Der Ausbruch war von einem Erdbeben begleitet das man auf dem ganzen Isthmus verspürte und das Getöse dabei hatte solch eine ungeheure Heftigkeit, daß man es nicht nur in Guatemala, San Salvador, Leon, und an der Ostküste, in Balize, dem Hafenort der englischen Besitzung an der Honduras-Bei, sondern, vermöge der Fortpflanzung des Schalls durch die feste Masse der Erde, auch zu Kingston auf Jamaika, zu Carthagena, Santa Marta in Neu-Granada und Santa Fé de Bogota hörte, wiewohl die letztere Stadt 200 deutsche Meilen vom Cosiguina entfernt liegt. In mehreren dieser Orte, bis wohin die Erderschütterungen nicht mehr gelangten, glaubte man Kanonenschüsse zu hören. — Um sich einen richtigen Begriff von dem furchtbaren Brüllen des Berges während jenes Ausbruchs zu machen (bemerkt Berghaus), denke man sich, daß das Getöse des feuerspeienden Vesuvs, das in der That nur bis nach Gaëta vernommen wird, gleichzeitig in Lissabon, Liverpool, Gothenburg, Riga und am Fuße des Kaukasus gehört werden könne.

Erwägt man die ungeheure Menge der durch die

vulkanischen Ausbrüche nach und nach gehobenen und ausgeworfenen Erdmassen, die nicht wieder in die Tiefe zurückgesunken sind; bedenkt man, daß derartige Wirkungen schon seit Jahrtausenden beobachtet, daß dadurch Berge entstanden, Thäler ausgefüllt worden sind; berücksichtigt man zugleich die vorher beschriebene Art der Verbreitung und das ganze Verhalten der Vulkane, so muß man zugeben, daß sich in dem vulkanischen Boden ungeheure Höhlungen befinden müssen, und zwar in einer sehr beträchtlichen Tiefe, weil der Zusammenhang der äußeren Erdenrinde in der Regel nicht darunter leidet. Noch sprechendere Belege für das Dasein tiefer, weit ausgedehnter unterirdischer Verbindungen, die mit Flüssigkeit ausgefüllt sind, liefern jedoch die häufig durch weite Ländermassen gleichzeitig fühlbaren Erderschütterungen. Das furchtbare Erdbeben, wodurch im Jahre 1812 Caracas zerstört wurde, empfand man gleichzeitig in einer Ausdehnung von 200 Meilen; und die noch furchtbarere Erschütterung im Jahre 1755, welche Lissabon zerstörte und einen Theil der Stadt in unergründliche Tiefe versenkte, wurde gleichzeitig an der Küste von Afrika, auf den canarischen Inseln, in Island und selbst an vielen Puncten in Deutschland gespürt. Ebenso kann man nicht bezweiflen, daß am 20. Februar 1835 das Erdbeben in Chili, der Ausbruch der benachbarten Vulkanreihe, die Hebung des Landes um Conception, so wie der gleichzeitige vulkanische Ausbruch im Meere bei Juan Fernandez, eine zusammengehörige große Erscheinung bilden.

Nur außerordentlich weit verzweigte, unter ganzen Welttheilen und selbst unter dem Meeresboden sich erstreckende, tief in das Innere der Erde eindringende Höhlungen machen diese und eine große Zahl ähnlicher Wirkungen erklärlich.

Jeder heftige Stoß, der den Boden berührt, veranlaßt, wie man weiß, ein örtliches Erzittern. Das Zusammenstürzen einer Mauer oder eines Gebäudes, das Sprengen eines Felsens, ja das schnelle Fahren eines Wagens über die gepflasterte Straße wird durch eine schwache Bewegung des Bodens empfunden. In gleicher Weise müssen auch unterirdische Bewegungen fühlbar werden. So fühlt man den Stoß, den die Entladung des Geisers bewirkt, überall in der nächsten Umgebung der Quelle, und bei den Ausbrüchen des Vesuvs befindet sich der ganze Berg, ja oft selbst die entferntere Umgebung, in einer zitternden Bewegung. Solche Erschütterungen gehen aber auch gewöhnlich den vulkanischen Entladungen vorher; und wenn wir uns berechtigt glauben, die letzteren der gewaltsamen Ausdehnung gespannter gasförmiger Körper zuzuschreiben, so würde es unlogisch sein zur Erklärung der ersteren eine andere Ursache aufsuchen zu wollen. Man kann sie betrachten als die Versuche der in der Tiefe angesammelten Dämpfe, sich Bahn zu brechen. Versuche, wodurch die Höhlungen im Innern der Erde gewaltsam erweitert, die beweglichen Massen, Wasser oder geschmolzene Stoffe, welche sie ausfüllen in Bewegung gesetzt, vielleicht hier und dort die

obere feste Rinde gehoben und zersprengt und endlich der Ausgang erzwungen wird.

Das häufige Vorkommen von Erdbeben, vorzugsweise in vulkanischen Gegenden, läßt auf eine ununterbrochene Fortwirkung der unterirdischen Kräfte schließen, die von Zeit zu Zeit vulkanische Ausbrüche herbeiführen. Auch ist es eine sehr gewöhnliche Erfahrung, daß, während häufige Erschütterungen als Anzeiger vulkanischer Thätigkeit vorausgegangen waren, nach erfolgtem Ausbruche eine lang dauernde Ruhe eintrat, bis nach und nach die Klüfte im Innern sich wieder mit Wasser und Dämpfen angefüllt und diese durch allmähliche Steigerung der Temperatur die frühere Spannkraft wieder erlangt hatten. Schon oft will man wahrgenommen haben, daß die heftigsten Erderschütterungen in vulkanischen Gegenden dann eintraten, wenn durch allmähliges Verstopfen der Kratermündungen dem fortdauernden Entweichen reichlicher Dampfmassen eine Gränze gesetzt war. Jedenfalls würde diese Erfahrung mit der bekannten Eigenschaft des heißen Wassers in Einklang stehen, daß bei anhaltender Dampfentwicklung eine gewisse Temperaturhöhe (was immerhin die Temperatur der Umgebung sein mag), und folglich auch die derselben entsprechende Spannkraft nicht überschritten werden kann; während, wenn der Dampfabzug völlig gesperrt ist, das Wasser zuletzt nothwendig die Temperatur seiner Umgebung annehmen muß.

Dieselben unterirdischen Kräfte, welche in vulkanischen Gebieten die Auswürfe von Lava und Asche, so wie ein

Erbeben des Bodens bewirken, können durch die im Innern der Erde vorhandenen Flüssigkeiten einen Theil ihrer Wirksamkeit auch bis zu solchen Gegenden hin fortpflanzen, in welchen vulkanische Ausbrüche völlig unbekannt sind.

Jede Erschütterung der Oberfläche eines Wasserbehälters, z. B. ein hineingeworfener Stein, erzeugt, wie man weiß, eine Reihe von Wellen, ein abwechselndes Steigen und Sinken der flüssigen Masse, das sich von dem Entstehungspuncte nach allen Richtungen fortpflanzt. Angenommen ein fester aber biegsamer Körper überdecke die Flüssigkeit, so wird derselbe an diesen Bewegungen Theil nehmen, mehr oder weniger, je nach dem Grade seiner Dehnbarkeit und Biegsamkeit. In geschlossenen flüssigen Massen kann sich ein darauf ausgeübter Druck auf sehr weite Entfernungen mit kaum verminderter Stärke und mit erstaunlicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Aber überall da, wo verhältnißmäßig zur Größe der Einwirkung der Widerstand von Oben gering ist, wird sich der Stoß sogleich bis zu der Oberfläche fühlbar machen. So ist es begreiflich, daß eine Erderschütterung fast gleichzeitig in sehr weitem Umfange gespürt werden kann. Die Wirkungen der in der Tiefe der Erde entbundenen Kräfte müssen, wie leicht einzusehen, um so zerstörender sein, je geringer die Dicke der festen Kruste unter welcher sie ihren Sitz haben. Die vorzugsweise große Heftigkeit der Erderschütterungen in allen vulkanischen Gebieten spricht daher, gleich wie die vulkanische

Thätigkeit selbst, für eine raschere Zunahme der Erdwärme in jenen Gegenden.

Da nach der Vorstellung einer allmähligen Abkühlung der Erdoberfläche aus einem ursprünglich glühenden Zustande die feste Kruste allenthalben früher eine geringere Dicke als jetzt gehabt haben muß, so sollte man schließen, daß vulkanische Erscheinungen und heftige Erschütterungen in früheren Zeiten weit verbreiteter und häufiger statt gefunden haben mußten als jetzt; und in der That findet man fast in allen Ländern der Erde die deutlichsten Spuren einstmaliger vulkanischer Thätigkeit. Überhaupt ist durch die Forschungen der Geologen bestimmt erwiesen, daß die weit über die Erde verbreiteten Trachyt- und Basaltmassen, durch ihr ganzes chemisches Verhalten der vulkanischen Lava so nahe verwandt, wo sie auch vorkommen, vulkanische Erzeugnisse sind; theils geradezu als Lava ausgeflossen, theils kegelförmig gehoben, indem sie andere Gebirgsarten durchbrachen und oft, noch im flüssigen Zustande, in alle vorhandenen Spalten und Zerklüftungen derselben eingepreßt wurden.

Ja mit einer an die Gewißheit gränzenden Wahrscheinlichkeit hat man alle großen Gebirgszüge unserer Erde als vulkanische Hebungen zu betrachten. Nicht nur die zahlreichen Überreste von Seethieren, die man oft auf den höchsten Gipfeln der Berge findet, und woraus ganze Gebirgsmassen gebildet sind, führen zu diesem Schlusse, sondern auch die ganze Gestaltung und Beschaffenheit der Gebirgsarten weis't unwiderleglich darauf hin. Überdies

fehlt es gar nicht an Beispielen mächtiger Hebungen während der geschichtlichen und selbst in der neuesten Zeit. Zwischen den Inseln Santorin und Therasia im griechischen Archipel, welche, wie L. v. Buch bewiesen hat, das ganze Gepräge eines Erhebungskraters zeigen, haben sich zu verschiedenen Zeiten, zuletzt im Jahre 1707, kleine Inseln, gewöhnlich in Begleitung heftiger vulkanischer Ausbrüche erhoben. Der schon oben erwähnte monte nuovo entstand 1538. Im Jahre 1759 erhob sich westlich von Mexico, in einer ehemals fruchtbaren, mehrere Quadratmeilen großen Ebene, unter gewaltigen Ausbrüchen von Dampf und Asche, der Kraterkegel Jorullo in einem Tage 1480 Fuß über die Fläche. Zwischen den zu der Gruppe der Aleuten gehörenden Inseln Umnack und Unalaschka stieg im Mai 1796 die vulkanische noch jetzt rauchende Insel Joanna Bogosslowa aus dem Meere. Unweit der Insel St. Miguel (der Azoren) sind schon mehrmals kleine Inseln aufgestiegen, aber bald wieder zurückgesunken. Am 31. Januar 1811 erhob sich dort die bedeutende Insel Sabrino, jedoch ebenfalls nur auf kurze Zeit. Endlich entstand erst vor wenigen Jahren (1831) südlich von Sicilien die kleine Insel Ferdinandea, die aber durch die Meereswogen bald wieder zerstört wurde.

Längs der Küste von Chili hat man mehrmals durch Erdbeben bewirkte dauernde Hebungen weiter Landstrecken wahrgenommen; so noch in den Jahren 1822 und 1835.

In Schweden bemerkt man schon seit vielen Jahren

ein allmähliges Heben der nördlichen Küsten, während die Südspitze des Landes sich zu senken scheint. Senkungen und selbst abwechselnd Senkungen und Hebungen derselben Landstriche sind ebenfalls schon öfter beobachtet worden; so an mehreren Küstenstrecken Italiens, namentlich Calabriens. Doch kommen Hebungen im Allgemeinen häufiger vor *). Fügt man zu diesen und ähnlichen Thatsachen das Vorkommen hoher und mächtiger Gebirgsmassen, die nach dem Urtheile der Geologen nur Ablagerungen aus dem Wasser sein können, so geht aufs Deutlichste hervor, daß einstmals ein weit größerer Theil der Erde als jetzt mit Wasser bedeckt war, und daß die Ländermassen theils eben durch jene Ablagerungen **), theils durch Anschwemmungen, theils und wohl vorzüglich durch die im Innern der Erde wirkenden elastischen Kräfte allmählig aus dem Meere emporgestiegen sind.

Alles zusammengefaßt ergiebt sich nunmehr, daß die Erscheinungen feuerspeiender Berge und Erdbeben, daß

---

*) Die Erderschütterung von der die biblische Geschichte erzählt, wodurch Sodom und Gomorrha zerstört wurden, scheint das Einsinken eines großen Theiles des Flußgebietes des Jordans und des Landstrichs, der gegenwärtig das todte Meer umfaßt, bewirkt zu haben; denn dieser Landsee liegt jetzt mehr als **1000** Fuß unter dem Spiegel des mittelländischen und des rothen Meeres, während geognostische Untersuchungen sehr wahrscheinlich machen, daß der Jordan sich früher in das rothe Meer ergoß.

**) Wer kennt nicht die merkwürdige Thätigkeit der Korallenthiere, durch deren emsiges Schaffen die Inselbildung noch gegenwärtig in dem großen Oceane fortdauert.

die Ausströmungen von Gasen und Dämpfen, sowie die warmen Quellen, nur die letzten Erinnerungen sind an die Wirkungen jener gewaltigen Naturkräfte, welche in der Urzeit die noch junge Erde bewegten und durch eine lange Reihe von Kämpfen und Umwälzungen während eines durch den Maßstab der geschichtlichen Zeit nicht zu ermessenden Zeitraums die gegenwärtige Gestaltung ihrer Oberfläche, die Sonderung von Meer und Land, die Bildung von Hochländern und Niederungen, Bergen und Thälern, Flüssen und Landseen herbeiführten.

Aber auch jene letzten Spuren noch vorhandener unterirdischer Kräfte müssen allmählig verschwinden. Große Mengen von Wärme werden, wie wir gesehen haben, dem Inneren der Erde alljährlich durch die warmen Quellen, durch Dampf- und Lava-Ergießungen entführt. Zwar nur ein kleiner Bruchtheil des immer noch unermeßlichen Vorraths. Aber jeder Verlust ist unwiederbringlich und die jährlichen Verluste sammeln sich in der Zeit. Überdieß geht in Folge der fortdauernden Abkühlung der Erde wahrscheinlich noch mehr als durch die genannten Ursachen verloren. Denn sei auch immerhin die oberste Erdkruste ein überaus schlechter Leiter, und mag schon die Erde täglich eine sehr große Menge Wärme durch die Sonne empfangen, so kann doch der allmählige Abfluß der inneren Erdwärme und seine Zerstreuung im Weltraume durch den gemeinschaftlichen Einfluß beider Ursachen nur verzögert, aber nicht verhindert werden, weil nach den bis jetzt als richtig erkannten Bewegungsgesetzen

der Wärme ein kugelförmiger Körper, der im Innern eine höhere Temperatur besitzt als an seiner Oberfläche, und der von Wärmequellen umgeben ist (wie die Erde von der Sonne und dem gestirnten Himmel), durch deren mittlere wärmende Kraft an seiner Oberfläche keine, derjenigen seiner inneren Masse gleiche Temperaturhöhe hervorgebracht werden kann, sich nothwendig zuletzt auf die mittlere Temperatur seiner Umgebung abkühlen muß.

Es wird also eine Zeit kommen in welcher feuerspeiende Berge nicht mehr, einerseits in wunderbarem Gegensatze inmitten von Eisregionen hervortreten, andererseits im Vereine mit Erdbeben die fruchtbarsten und blühendsten Landschaften verheeren und die Hoffnungen und den Fleiß der Menschen, oft in wenigen Augenblicken, auf viele Jahre, wo nicht auf immer zertrümmern. Aber auch die Dampfsprudel und heißen Quellen müssen endlich mit ihrer Temperatur ihre Triebkraft verlieren, und die Quellen werden überall dereinst nur kaltes Wasser liefern. Allerdings muß diese Zeit noch weit, sehr weit entfernt liegen, denn die Temperatur der Erde scheint seit 2000 Jahren keine meßbare Veränderung erlitten zu haben. Viele Vulkane, deren Thätigkeit historisch beglaubigt ist, scheinen zwar jetzt erloschen, aber auch viele andere sind neu entstanden. Länderstrecken, deren vulkanische Beschaffenheit den Alten bekannt war, wie Syrien, die griechischen Inseln und Unter-Italien, sind auch jetzt noch häufig genug von Erderschütterungen und Ausbrüchen heimgesucht. Die Kraft des Vesuvs scheint seit dem ersten Ausbruche unter Kaiser

Titus nicht abgenommen zu haben. Viele heiße Quellen, welche schon die Alten benutzten, stehen noch immer in gleichem Rufe.

Einen sehr bemerkenswerthen Beleg für die äußerst langsame Abkühlung der inneren Erdmasse giebt eine von La Place angestellte Berechnung. Aus gewissen Beobachtungen des Alexandrinischen Astronomen Hipparchos, deren Inhalt auf unsere Zeit gekommen ist, läßt sich die damals (150 Jahre v. Chr.) stattgefundene Umdrehungszeit der Erde um ihre Axe, nämlich der Sternentag, ganz genau bestimmen. Hätte nun die mittlere Temperatur der Erdmasse seitdem nur um 1° abgenommen, so würde sie sich entsprechend haben zusammenziehen müssen, also ihr Durchmesser und Umfang wäre kleiner geworden. Bei unveränderter Umdrehungsgeschwindigkeit ihrer Theile hätte folglich die Zeit der Umdrehung um ihre Axe sich verkürzen müssen. Betrüge nun die mittlere Ausdehnung der Erdmasse nicht mehr als die des Glases, so müßte der Sternentag, wie La Place zeigt, um fast 2 Zeitsecunden abgenommen haben. Die wirklich seit Hipparchos eingetretene Veränderung kann aber noch nicht den hundertsten Theil einer Secunde ausmachen.

Wie sich übrigens auch die Temperatur im Inneren der Erde erniedrigen mag, die Wärmebeschaffenheit ihrer äußersten Rinde kann dadurch nicht merklich mehr verändert werden, weil der Wärmeabfluß aus dem Inneren, verglichen mit dem durch die Sonnenstrahlen bewirkten Eindrucke, wegen des so äußerst geringen Wärmeleitungs-

Vermögens der Erde, schon in der Gegenwart so viel wie nichts ausmacht.

Achter Vortrag.

Die Temperatur der obersten Erdkruste.

Fast alle Wärme an der Erdoberfläche kommt von der Sonne und gelangt also durch Strahlung zu der Erde. Die Wärmestrahlen besitzen die Eigenschaft nur solche Körper zu erwärmen, von welchen sie unbeweglich gemacht oder wie man sagt: aufgesogen oder verschluckt (absorbirt) werden. Die Luft gehört nicht zu diesen Körpern, sie besitzt vielmehr die Eigenschaft den größten Theil der Wärmestrahlen durchzulassen, ohne davon erwärmt zu werden, gleich wie sie das Licht durchläßt, und so kommt es, daß die Sonnenstrahlen, obschon sie, um auf die Erde zu gelangen, den Luftraum durchdringen müssen, gleichwohl den größten Theil ihrer Wärme erst an der Erdoberfläche absetzen. Die nähere Auseinandersetzung dieses Verhaltens ist eine der anziehendsten Aufgaben der Experimental-Physik; die einfache Thatsache kann aber selbst dem wenig geübten Beobachter nicht entgehen. Man erinnere sich nur des Eindrucks, wenn man aus dem Schatten plötzlich in den Sonnenschein tritt; wenn vor einem heißen Ofen ein Schirm, der die unmittelbare Einwirkung der Hitze auf den menschlichen Körper abhielt, rasch entfernt wird, oder wenn man das Gesicht der

Gluth einer Schmiedeesse zuwendet. Man weiß, daß die Einwirkung in allen solchen Fällen unverkennbar und augenblicklich ist, und doch kann die Luft, der schlechteste unter allen Wärmeleitern, auf keine denkbare Weise dabei mitwirken.

Die wärmenden Strahlen der Sonne können indessen doch nicht ganz ungeschwächt bis zur Erdoberfläche vordringen. Ein Theil bleibt stets in der Atmosphäre zurück. Dieser Antheil, bei ganz klarer Luft unbeträchtlich, vermehrt sich, wenn die Atmosphäre durch Dünste getrübt ist und kann bei einem mit dichtem Gewölke bedeckten Himmel sogar die ganze von der Sonne zuströmende Wärme ausmachen. Die von den Dünsten eingesogene Wärme trägt gleichwohl wenig oder nichts zur Temperaturerhöhung der Atmosphäre bei, indem sie größtentheils verwendet wird um die Dünste, welche hauptsächlich aus Niederschlägen atmosphärischer Feuchtigkeit bestehen, wieder in unsichtbaren Wasserdampf zu verwandeln, und dadurch in den Zustand gebundener oder für das Thermometer unfühlbarer Wärme übergeht.

Ein zweiter Verlust für die Erwärmung der Erde beruht auf der nach unten zunehmenden Dichtigkeit der Luft. Die Sonnenstrahlen nämlich, so oft sie aus einem dünneren in ein dichteres Mittel übertreten, erleiden eine Brechung, die, wie die Physik nachweist, stets von einem theilweisen Zurückwerfen begleitet ist. Durch diese fortdauernden Zurückwerfungen müssen nun die Sonnenstrahlen während ihres Vordringens in die immer dichter

werdenden Schichten des Luftraumes einen nicht unbedeutenden Theil ihrer leuchtenden sowohl, wie ihrer wärmenden Kraft einbüßen. Durch die, so weit möglich, experimentelle Prüfung dieses Verhaltens hat sich in der That aufs Bestimmteste herausgestellt, daß die Sonnenstrahlen (gleiche Größe der ihnen winkelrecht entgegengesetzten Flächen vorausgesetzt) auf den Bergen eine größere wärmende Kraft besitzen als in den Thälern. In den Alpen z. B. verloren sie, während ihres Durchgangs durch eine 6000 Fuß hohe Luftschicht, bei ganz klarem Wetter $\frac{1}{5}$ ihrer wärmenden Kraft. Die Versuche wurden am Faulhorn, unten und oben gleichzeitig angestellt (Forbes).

Die Atmosphäre ist in verschiedenen Gegenden der Erde an den heitersten Tagen bei weitem nicht gleich frei von Dünsten, welche die Wärme verschlucken. So zeigten die Sonnenstrahlen in England und in der Meereshöhe nur $\frac{3}{5}$ von der Wärmekraft, die sie am Cap der guten Hoffnung besitzen. Im Allgemeinen ist die Luft um so klarer und durchdringlicher für die Strahlen, je mehr man sich von den Polen ausgehend dem Äquator nähert. Bei gleicher Breite giebt es in der Regel tiefer im Innern des Festlandes mehr heitere Tage und eine klarere Luft als in der Nähe der Meeresküsten.

Der Theil der Sonnenstrahlen, welcher nach den verschiedenen Einbußen, die sie in der Atmosphäre erfahren, bis zur Oberfläche der Erde gelangt, bewirkt je nach der Richtung ihres Einfallens eine sehr ungleiche Erwär-

mung. Jedermann kennt die geringe Kraft der Morgen- und Abendsonne, verglichen mit derjenigen der Mittagssonne, und jedermann weiß, daß die Hitze unseres Sommers mit dem höheren Stande der Sonne aufs Innigste zusammenhängt. Dieser so auffallend geringere Effect der schiefer einfallenden Strahlen hängt jedoch zum geringsten Theile von der dickeren und mit Dünsten gewöhnlich mehr angefüllten Luftschicht ab, welche sie durchdringen müssen. Um den eigentlichen Grund deutlich einzusehen, denke man sich einen Strom, etwa von fließendem Wasser, in welchen ein langes Brett nach und nach in verschiedenen Lagen, aber immer gleich tief eingetaucht werden soll, dergestalt, daß es immer von einer gleichen Wassermenge getroffen wird.

Man begreift sogleich, daß der eingesenkte Theil des Brettes um so kleiner sein wird, je mehr man es senkrecht der Richtung des Stromes entgegenstellt. So bilden nun auch die Strahlen der Sonne einen gegen die Erde sich bewegenden Strom, und gleiche Abschnitte desselben werden um so kleinere Theile der Erdoberfläche treffen und folglich auf diesen um so größere Wärmewirkungen hervorbringen, je mehr senkrecht sie der Stromes-Richtung (der Richtung der Strahlen) entgegenstehen. So erklärt sich die bei zunehmender Breite abnehmende Kraft der Sonnenstrahlen, so auch die stärkere Erwärmung der gegen Süden gerichteten Gebirgsabhänge.

Die unter dem Einflusse der Sonne erwärmte Erdoberfläche giebt einen Theil der empfangnen Wärme durch

Ableitung und Ausstrahlung sogleich wieder an ihre kühleren Umgebungen ab. Ein Theil der von der Sonne abstammenden Wärme gelangt auf diese Weise zu den tiefer liegenden Erdschichten, ein anderer Theil wird von den die Erde berührenden Luftmassen aufgenommen. Von den Strahlen, welche die erwärmte Erde aussendet und die zunächst die Atmosphäre durchdringen müssen, bleibt ebenfalls ein bald größerer bald geringerer Theil zurück. Der Rest breitet sich im Raume aus und geht für die Erwärmung irdischer Materie verloren.

Die stärkste Wärmeaufnahme findet bei wolkenfreier Luft um Mittag statt. Dieser Zeitpunct ist gleichwohl nicht derjenige der höchsten Tagestemperatur an der Erdoberfläche. Denn da die letztere, während sie Wärme empfängt, stets auch wieder abgiebt, so muß die Temperatur so lange zunehmen, als der Zufluß den Abfluß übertrifft und die Gränze der Wärme-Erhöhung wird mit dem Gleichgewichtszustande beider entgegengesetzter Wirkungen zusammenfallen. Nun ist die Richtung und folglich auch die Kraft der Sonnenstrahlen um den Zeitpunct des höchsten Standes und einige Zeit nachher kaum verschieden, das Übergewicht des Wärmezuflusses aber gerade um diese Zeit am größten. Die Erde muß daher noch geraume Zeit nach Mittag fortfahren sich höher zu erwärmen, oder der Augenblick der höchsten Tages-Temperatur tritt überall erst nach Mittag ein. Im Sommer um 3 Uhr, im Winter um 1 Uhr. Eine kurze Zeit ist nun der Gewinn an Wärme dem Verluste gleich; dann überwiegt

der letztere und die Abkühlung beginnt; anfangs langsam, da ein Theil des Verlustes durch die Gegenwart der Sonne immer noch ersetzt wird; rascher nach Sonnenuntergang. Die Temperatur sinkt die ganze Nacht hindurch und selbst noch einige Zeit nach dem Wiedererscheinen der Sonne, weil der Eindruck der ersten Morgensonne nicht genügt um dem gleichzeitigen Wärmeabflusse das Gleichgewicht halten zu können. Endlich tritt dieses Gleichgewicht ein, ungefähr eine halbe Stunde nach Sonnen-Aufgang. Dieß ist der Zeitpunct der niedrigsten Tagestemperatur.

Die tieferen Schichten des Erdbodens, gleichwie sie an der Erwärmung der Oberfläche Theil nehmen, müssen auch umgekehrt von der erlangten höheren Temperatur an die Oberfläche wieder abgeben, während die Abkühlung an der letzteren fortschreitet. Der Abkühlungsproceß geht aus diesem Grunde weit langsamer vor sich, als es ohne diesen Einfluß geschehen würde.

Überall auf der Erde, wo die Länge des Tages und der Nacht im Laufe des Jahrs nur geringen Abwechslungen unterworfen ist, müssen sich diese Schwankungen der Bodentemperatur von Tag zu Tag ungefähr in derselben Weise wiederholen.

Dieß gilt für alle dem Äquator nahe liegenden Landstriche. In höheren Breiten tritt ein Unterschied der Jahreszeiten im Allgemeinen um so deutlicher hervor, je größer die Verschiedenheit der längsten und kürzesten Tage im Laufe des Jahrs. Mit der zunehmenden Länge der

Tage vermindert sich die tägliche stärkste Abkühlung des Erdbodens; die Ursache der Erwärmung nimmt zu. Die tägliche stärkste Erwärmung steigt daher von Tag zu Tag. Um die Zeit der längsten Tage ist der Überschuß der Wärmeaufnahme gegen die Abgabe am größten. Gleichwohl fällt dieser Zeitpunct nicht mit dem der stärksten jährlichen Erwärmung zusammen, denn die Abnahme der Tage ist einige Zeit nach dem 21. Juni kaum bemerkbar. Der tägliche Gewinn an Wärme übersteigt daher fortwährend den Verlust und erst gegen Ende Juli stellt sich zwischen beiden ein Gleichgewicht her. Dieß ist nun der Zeitraum der höchsten Jahrestemperatur, wenigstens in der gemäßigten Zone der Erde. Im August ist das Übergewicht der Abkühlung noch kaum wahrnehmbar, aber immer deutlicher tritt es in den folgenden Monaten hervor, bis endlich zur Zeit der kürzesten Tage der tägliche Wärmeverlust seinen größten Werth erreicht. Die niedrigste Jahrestemperatur tritt gleichwohl später ein, weil noch einige Zeit nach dem 21. December der tägliche Wärmeverlust die Wärmeaufnahme übersteigt. So kommt es, daß die kältesten Tage des Jahrs durchschnittlich um die Mitte des Januar fallen.

In den höheren Breiten wird die mehr und mehr abnehmende wärmende Kraft der Sonne während der Sommer-Monate durch ihr längeres Verweilen über dem Horizonte größtentheils ersetzt, und so können nicht nur in den gemäßigten Zonen, sondern auch innerhalb der Polarkreise, warme, obschon kurze Sommer entstehen.

Die drei Monate Juni, Juli und August entsprechen so ziemlich auf der ganzen nördlichen Halbkugel dem Sommer, auf der südlichen dem Winter. Die Herbstmonate September, October, November bilden auf der südlichen Halbkugel das Frühjahr. Die mittlere kälteste Jahreszeit oder der Winter der nördlichen Halbkugel fällt in die Monate December, Januar, Februar. Sie sind der Sommer der südlichen Halbkugel. Endlich fällt das Frühjahr der einen und der Herbst der anderen Erdhälfte mit den Monaten März, April und Mai zusammen.

Die vorausgehenden Erörterungen können nur eine ganz allgemeine Vorstellung von dem Zustande des Klimas an verschiedenen Puncten der Erde geben, denn diese Zustände werden überall und insbesondere außerhalb der Wendekreise durch lokale Ursachen und durch die veränderliche Beschaffenheit der Atmosphäre aufs Mannichfaltigste verändert. Die wahren Temperatur-Verhältnisse einer Gegend lassen sich daher nicht aus denen einer andern Gegend durch die bloße Berücksichtigung des Standes der Sonne ableiten, und können überhaupt mit Sicherheit nur durch Beobachtung ausgemittelt werden.

Denkt man sich an irgend einem Orte die gesammte Wärmeaufnahme des Jahrs gleichmäßig auf gleiche Zeitabschnitte vertheilt, so daß z. B. auf eine Stunde genau so viel kommt wie auf jede andere Stunde, so nennt man den hieraus hervorgehenden Zahlenausdruck die mittlere Bodentemperatur des Ortes. Annähernd läßt sich dieselbe bestimmen, indem man ein richtig geben

des Thermometer an einem trocknen, beschatteten Orte einen Zoll tief in den Boden einsenkt, so daß wenigstens das Quecksilberbehälter mit Erde bedeckt ist, dann in gleichen auf einander folgenden Zeitabschnitten, z. B. stündlich seinen Stand aufzeichnet und aus allen Beobachtungen das arithmetische Mittel nimmt. Dieser Mittelwerth, gezogen aus den Beobachtungen eines Tages, eines Monats, der einzelnen Jahreszeiten und endlich des ganzen Jahrs, giebt die mittlere Temperatur des Tags, des Monats, der Jahreszeiten, des Jahrs. Man findet, daß die mittlere Jahrestemperatur eines Ortes von Jahr zu Jahr nur sehr geringen Schwankungen unterliegt, welche überdieß im Laufe der Jahre sich völlig ausgleichen. Die gesammte jährliche Wärmeaufnahme ist also der Abgabe gleich. Wäre es nicht, so müßte das Jahresmittel im Laufe der Jahre zunehmen oder sich vermindern.

Es ist einleuchtend, daß Orte von gleicher mittlerer Temperatur durchschnittlich gleichviel Wärme empfangen müssen und daß eine Gegend um so kräftiger erwärmt wird je höher ihre mittlere Temperatur steht. Die mittleren Temperaturen für sich bezeichnen jedoch keineswegs das Verhältniß der Wärmeaufnahme an verschiedenen Orten, denn dazu müßte noch die Temperatur des Weltraumes oder der Wärmegrad bekannt sein, von dem aus die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen beginnt, und unter welchen die Erdoberfläche selbst bei gänzlicher Abwesenheit der Sonne nicht würde abgekühlt werden können.

Es ist schon darauf aufmerksam gemacht worden,

daß die Sonne nicht der einzige Himmelskörper ist, von dem die Erde Wärme empfängt. Einen, wenn auch sehr kleinen Beitrag liefern die Fixsterne. Wäre die Sonne nicht da, so würde sich die Erdoberfläche soweit abkühlen müssen, bis jeder weitere Wärmeabfluß sich mit der von dem gestirnten Himmel zuströmenden Wärme ins Gleichgewicht gesetzt hätte. Die über alle Theile der Erde gleichmäßig verbreitete Temperatur, welche hieraus hervorgehen müßte, nennt man die Temperatur des Weltraumes. Fourier, der zuerst auf diese äußerste Gränze der möglichen Abkühlung irgend eines Punctes der Erde aufmerksam gemacht hat, glaubte dafür — 45° C. annehmen zu dürfen. Allein man hat seitdem in der freien Luft noch beträchtlich stärkere Kältegrade gefunden. Die mittlere Temperatur des Weltraumes muß daher niedriger sein und kann jedenfalls nicht über — 60° liegen.

Angenommen, sie betrage — 60° und an irgend dreien Orten der Erde ergeben sich die mittleren Temperaturen 0, 10° und 20°, so drücken die Zahlen 60, 70 und 80 das Verhältniß der mittleren jährlichen Erwärmung des Bodens an diesen drei Orten aus. Wir werden bald sehen, daß diese Erwärmung nicht bloß auf dem unmittelbaren Einflusse der Sonne beruht.

Es ist schon erwähnt worden, daß die Temperatur-Abwechslungen an der Oberfläche der Erde bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden eindringen. Es müssen sich daher unter der Oberfläche gerade so wie über derselben tägliche, monatliche und jährliche höchste und niedrigste

Temperaturen beobachten lassen, deren Unterschiede von den Unterschieden an der Oberfläche abhängig sind.

Die täglichen Schwankungen der äußeren Temperatur werden wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Erdbodens nur in mäßiger Tiefe empfunden. Die höchste Temperatur des Tages ist bereits vorüber bevor die Erdfläche Zeit hatte ihre Wärme zu den tieferen Schichten fortzupflanzen, und dieses Fortschreiten nach Innen ist noch in voller Thätigkeit, während die Oberfläche sich schon wieder abzukühlen beginnt.

Aus demselben Grunde verlieren die inneren Schichten äußerst langsam die ihnen einmal mitgetheilte Wärme, und die äußere Temperatur ist schon wieder im Steigen begriffen, ehe noch die Abkühlung tief eindringen konnte und während sie im Inneren noch fortdauert. So kommt es, daß die täglichen Unterschiede, zumal alle rasch vorübergehenden und unregelmäßigen Temperaturabwechslungen wenige Zoll unter dem Boden kaum mehr bemerkbar sind und sich bei zunehmender Tiefe bald ganz verlieren. Die Beschaffenheit des Bodens ist freilich nicht ganz ohne Einfluß bei diesen Vorgängen. So wird in dichtem und festem Gesteine die Wärme gewöhnlich etwas rascher fortgeleitet als in lockerem, schwammigem Boden; in letzteren dagegen können die atmosphärischen Gewässer und mit ihnen deren Temperatur zu größerer Tiefe eindringen.

Die täglichen Unterschiede äußern sich im mittleren Europa durchschnittlich bis zu $1\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe; in der Tiefe

von 3 Fuß sind sie nirgends mehr wahrnehmbar, d. h. dauernde Änderungen des äußeren Wärmezustandes werden in dieser Tiefe erst nach mehreren Tagen fühlbar. 4 bis 5 Fuß unter dem Boden zeigen sich nur die von Woche zu Woche eintretenden Veränderungen, und noch tiefer nur die von Monat zu Monat vorkommenden, bis man endlich zur Gränze der Jahr aus Jahr ein unveränderlichen Temperaturen gelangt.

Die Versuche, welche bis jetzt unternommen worden sind um diese Gränze an verschiedenen Orten mit einiger Genauigkeit auszumitteln, sind keineswegs zahlreich; doch auch aus dem Wenigen, was darüber bekannt geworden ist, ersieht man aufs Deutlichste, wie sich die Einwirkungen des Sommers und Winters bei zunehmender Tiefe mehr und mehr verspäten, und wie die monatlichen und jährlichen Schwankungen mehr und mehr zu einem mittleren Resultate zusammenfließen.

So fand Quetelet in Brüssel als Mittelwerthe mehrjähriger Beobachtungen, die immer zu derselben Tageszeit, nämlich um Mittag, angestellt wurden:

Tiefe in Par. Fuß:	Jahresmittel in Graden C.:	Überschuß des Maximums über das Minimum des Jahrs:	Eintritt des Maximums:	Eintritt des Minimums:
0	9,90	. . . .	22 Juli	22,9 Januar
0,58	9,71	13,89 . . .	26,8 Juli	2,9 Februar
1,38	10,07	12,82 . . .	31,1 Juli	11,4 Februar
2,31	10,31	12,06 . . .	5,1 August	21,8 Februar
3,08	11,16	10,14 . . .	8,3 August	21,8 Februar
12,00	11,99	4,61 . . .	12,5 October	21,7 April
21,00	11,88	1,48 . . .	12,0 December	18,5 Juni

Die erste Spalte giebt die Tiefe, zu welcher das Thermometer eingesenkt war; die zweite die mittlere Temperatur des Jahres in diesen verschiedenen Tiefen; die dritte zeigt die zugehörigen Unterschiede der höchsten und niedrigsten Temperatur; aus der vierten endlich erfährt man die Zeitpuncte des Eintrittes der höchsten und niedrigsten Temperatur in verschiedenen Tiefen.

Die folgenden Beobachtungsreihen, von denen die eine in der Mitte des Winters, die andere in der Mitte des Sommers angestellt wurden, sind aus einer sehr ausgedehnten von G. Bischof mitgetheilten Untersuchung entlehnt.

In einer Tiefe von Par. F. . .	6′	12′	18′	24′	30′	36′
beobachtet den 18. Juli 1836 . .	16°,12	12°,06	10°	9°,5	9°,62	10°,2
beobachtet den 21. Januar 1837 .	4°,81	7°,81	9°,94	10°,95	10°,88	10°,88

Der Einfluß der Sommerwärme wurde hiernach in der Tiefe von 30 Fuß erst im Winter des folgenden Jahrs, der Einfluß der Winterkälte erst im Sommer bemerkbar.

Als Mittel-Temperatur des Jahres in Bonn fand Bischof:

In der Tiefe von . .	6′	12′	18′	24′	30′	36′
Jahresmittel	9°,7	9°,8	10°	10°,2	10°,1	10°,6
Unterschiede der höchsten und niedrigsten Jahres-Temperatur	12,38	8,13	1,88	2,75	1,11	0,81

Die Zeiten, in welchen die Mittelwerthe, die Maxima und die Minima eintraten, waren:

Tiefe:	Jahresmittel:			Maximum:	Minimum:
0	24. Apr.	und	21. Octob.	26. Juli	14. Jan.
6	20. Mai	»	11. Nov.	11—20. Aug.	11—20. Febr.
12	19. Juni	»	18. Dec.	18—19. Sept.	18—19. März
18	19. Juli	»	18. Jan.	18—19. Oct.	18—19. Apr.
24	15. Aug.	»	18. Febr.	15—18. Nov.	15—18. Mai
30	13. Sept.	»	18. März	13—18. Dec.	13—18. Juni
36	11. Octob.	»	7. Apr.	7—11. Jan.	7—11. Juli.

Ein völliges Verschwinden der jährlichen Temperatur-Veränderungen findet nach Bischof erst in der Tiefe von 60 Fuß statt. Zu demselben Ergebnisse gelangte Quetelet bei seinen in Brüssel angestellten Beobachtungen. Die in einer solchen Tiefe beobachtete beständige Temperatur entspricht aber nicht dem Mittel an der Oberfläche, sondern ist um den Einfluß der Erdwärme erhöht, welcher, wie aus den oben angeführten Jahresmitteln hervorgeht, selbst schon bei geringen Tiefen nicht ganz unmerklich ist. Daher dürfen nur die bei weniger als 6 Fuß Einsenkung des Thermometers gewonnenen Temperaturanzeigen als wahre Ausdrücke der Erwärmung durch die Sonne gelten.

Die Kenntniß aller dieser Thatsachen führt nunmehr zu folgendem einfachen Verfahren, um die mittlere Temperatur der Erdoberfläche an irgend einem Orte zu bestimmen. Ein Thermometer mit hinlänglich langem Stiele wird 3—6 Fuß tief in die Erde eingesenkt, doch so, daß die Scala noch über den Boden hervorragt, und

folglich die Schwankungen der Quecksilbersäule sich beobachten lassen, ohne das Instrument herauszunehmen. Eine einzige Ablesung täglich ist dann vollkommen hinreichend, weil alle zufälligen äußeren Schwankungen und selbst die regelmäßigen im Laufe des Tages in dieser Tiefe verschwinden. Ja es zeigt sich, daß bei 6 Fuß Tiefe schon 4 Beobachtungen während eines Monates genügen, um den wahren Mittelwerth des Monats, und dann aus den 12 Mitteln des Monats das des Jahres abzuleiten.

Weniger sichere Auskunft über die Bodentemperatur eines Ortes erhält man durch Prüfung der Quellentemperatur, wenn man nicht die völlige Gewißheit hat, daß die Quelle aus ganz mäßiger Tiefe abstammt. Quellen, die aus der Tiefe von 30 und mehr Fuß hervorkommen, geben begreiflich eine zu hohe Temperatur, und man wird dieß um so wahrscheinlicher voraussetzen dürfen, je geringeren Schwankungen dieselbe im Laufe des Jahrs unterworfen ist. Quellen von unveränderlicher oder beinahe unveränderlicher Temperatur treten unbedingt aus beträchtlicher Tiefe hervor und schließen sich den Thermen an.

Bischof empfiehlt, die Temperatur benachbarter Quellen ein Jahr lang 1 bis 2mal monatlich zu prüfen, wo dann das Jahresmittel der kältesten der wahren mittleren Bodentemperatur am nächsten kommen werde.

Auch stark benutzte Brunnen von geringer Tiefe, die vom Seihewasser der obersten Erdschicht gespeis't werden, oder ihren Wassergehalt von nahe gelegnen Flüssen und

Bächen herleiten, besitzen eine mit den Jahreszeiten und selbst von Woche zu Woche veränderliche Temperatur. Ihr Jahresmittel kann darum von dem des Bodens nicht viel abweichen.

Neunter Vortrag.

Die Temperatur der untersten Luftschicht.

Die mittlere Temperatur der untersten den Boden berührenden Luftschicht stimmt im Allgemeinen mit der des Bodens überein, so groß auch die Verschiedenheiten sind, welche vorübergehend wahrgenommen werden. Früher glaubte man, daß eine solche Übereinstimmung nur in mittleren Breiten stattfände, während in der heißen Zone die Bodentemperatur niedriger, in der Nähe der Polarkreise hingegen und darüber hinaus, höher sei als die Lufttemperatur. Der Grund für diese Annahme war aus Beobachtungen, die man an Quellen gemacht hatte, entnommen. Er hat seine Beweiskraft verloren seitdem man weiß, daß die Quellen ihren Zufluß häufig aus beträchtlicher Entfernung erhalten, daß sie aus der Tiefe Wärme und von hohen Bergen Kälte mitbringen. Es ist daher gegenwärtig als ausgemacht zu betrachten, daß Luft und Bodentemperatur sich in der Weise wechselseitig bedingen, daß ihre jährlichen Mittelwerthe zusammentreffen.

Die directe Bestimmung der mittleren Temperatur der Luft ist mit ungleich größeren Schwierigkeiten verknüpft als die des Erdbodens. Der Grund liegt in der geringen Dichtigkeit der Luft und der daraus erwachsenden Bedeutsamkeit anderer gleichzeitiger Wärme-Einflüsse auf das Beobachtungsthermometer.

Ein zwar sehr genaues, aber etwas träge gehendes Thermometer wird im Schatten, am besten auf der Nordseite eines Gebäudes, einen Fuß von der Wand entfernt, und jedenfalls so aufgehängt, daß es weder unmittelbar noch mittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen, nicht vom Regen benetzt und möglichst wenig durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlt werden kann. — Der Wind, so stark er auch wehen mag, darf keinen Einfluß auf den Stand des Instrumentes haben. Stellt sich die Quecksilbersäule eines dem Winde ausgesetzten Thermometers niedriger als gleichzeitig die eines andern, welcher der freien Einwirkung des Windes entzogen worden, so geht daraus stets hervor, daß bei dem letzteren fremdartige Wärme-Einflüsse nicht ganz aus dem Wege geräumt sind.

Um den Gang der Temperatur im Laufe des Tages mit Genauigkeit zu finden, müssen wenigstens stündliche, also 24 Beobachtungen täglich gemacht werden.

Man pflegt die Zahl der Stunden auf einer wagerechten geraden Linie in Theilen derselben (als Abscissen) aufzutragen, und rechtwinklig darauf, ebenfalls in Theilen einer geraden Linie (als Ordinaten), die entsprechenden Thermometergrade. Man erhält dadurch 24 Puncte,

welche durch eine zusammenhängende Linie verbunden, einen sehr anschaulichen bildlichen Eindruck der täglichen Schwankungen gewähren, und die Zeitpuncte des Eintreffens des täglichen Maximums und Minimums, so wie zweier täglicher Mittelwerthe mit einem Blicke erkennen lassen. Im mittleren Europa zeigt sich die niedrigste Lufttemperatur, einen Tag in den andern gerechnet, meistens schon vor Sonnenaufgang, die höchste im Sommer gegen drei Uhr, im Winter zwischen 1 und 2 Uhr. Der eine Mittelwerth fällt zwischen 8 und 9 Uhr Abends, der andere zwischen 8 und 10 Uhr Morgens.

Die gebogne Linie, welche den Gang der Temperatur darstellt, schließt mit ihren Abscissen und Ordinaten eine Anzahl kleiner Flächen ein, deren Inhalte zusammengenommen dem eines Rechtecks gleichkommen, dessen Grundlinie gleich ist der die Tageslänge vorstellenden Abscisse, und dessen Höhe dem arithmetischen Mittel sämmtlicher 24 Ordinaten entspricht. Hierdurch rechtfertigt sich das allgemein übliche Verfahren: die mittlere Tagestemperatur aus dem arithmetischen Mittel der in gleichen Tagesabschnitten angestellten Beobachtungen abzuleiten. Zugleich ist hieraus ersichtlich, daß dieses Verfahren nur dann Geltung haben kann, wenn Beobachtungen in hinreichender Zahl vorhanden sind, um der Gestalt der Curve versichert zu sein.

Da es sehr mühsam ist, eine so große Zahl täglicher Beobachtungen lange Zeit hindurch fortzusetzen, so hat man auf Mittel gesonnen, die gestatten, mit einigen wenigen täglichen Aufzeichnungen des Thermometerstandes

auszureichen. Die Erfahrung hat zu mehreren derartigen Hülfsmitteln geleitet, von welchen zwar keins zur Bestimmung der Mitteltemperatur einzelner Tage volle Sicherheit gewährt, unter denen aber, so oft es sich um die Bestimmung des Mittels größerer Zeitabschnitte handelt, insbesondere die folgenden sehr brauchbar sind:

Zuerst hat Humboldt darauf aufmerksam gemacht, daß die Summe der täglichen höchsten und niedrigsten Temperatur durch 2 dividirt, fast genau das wahre Mittel des Tages darstellt. Mit Hülfe eines guten Thermometrographen läßt sich hiernach die Mitteltemperatur jedes Tages leicht bestimmen.

Ein zweites Verfahren besteht darin, zu irgend 3 oder 4 in gleichen Abständen gewählten Zeitpuncten, den Stand des Thermometers abzulesen; z. B. 8 Uhr Vormittags, 4 Uhr Nachmittags und Mitternacht; oder 4 und 10 Uhr Vormittags, 4 und 10 Uhr Nachmittags; und dann aus diesen 3 und beziehungsweise 4 Beobachtungen das Mittel zu nehmen *).

Handelt es sich nur darum, aus dem täglichen Mittel das der Monate und des Jahres abzuleiten, so erhält man schon eine sehr gute Annäherung durch das Mittel der täglich zu irgend zwei gleichnamigen Stunden (besonders 10 Uhr oder 4 Uhr Morgens und Abends) beobachteten Temperaturen.

*) Dieses Verfahren dürfte wahrscheinlich noch befriedigendere Resultate liefern, wenn man sich dabei eines durch Umhüllung mit schlechten Leitern träge gemachten Thermometers bediente.

Durch mehrjährig fortgesetzte Vergleichungen an verschiedenen Orten der gemäßigten Zone hat man gefunden, daß im Allgemeinen um die Mitte des Januar das Thermometer am niedrigsten steht, daß es von da an anfänglich langsam, im April und Mai schneller, dann wieder langsamer steigt und gegen Ende Juli den höchsten Stand erreicht. Dann beginnt eine erst langsame Abnahme die durch den September und October beschleunigt wird und langsamer bis zum Januar fortdauert.

Nach Kämtz ist der 14. Januar durchschnittlich der kälteste, der 26. Juli der wärmste Tag im Jahr, während die mittlere Temperatur des Jahrs mit der des 24. Aprils und 21. Octobers übereinstimmt.

Die mittlere Temperatur der Erdoberfläche und der sie berührenden untersten Luftschicht hält sich zwischen den Gränzen von + 29° und — 18° C. Sie vermindert sich wie man weiß im Allgemeinen mit der Breite.

Betrachtet man die in den Äquatorialgegenden senkrecht einfallende Wärmemenge und die dadurch bewirkte Erwärmung des Erdbodens über die Temperatur des Weltraums als gegeben, so läßt sich der unmittelbare Einfluß der Sonnenwärme aus dem Stande der Sonne in höheren Breiten durch Rechnung finden. Nach dieser Rechnung (wenn auch die Temperatur des Weltraums nicht niedriger als — 60° angenommen wird) würde z. B. unter dem 50. Breitegrade die mittlere Temperatur des Jahrs noch beträchtlich unter 0° zurückbleiben, während sie doch in der That unter dieser Breite in Deutschland fast + 10°

erreicht. Unter dem Polarkreis würde das Jahresmittel kaum — 50° übersteigen können; und doch ist bis jetzt nirgends auf der Erde eine Temperatur tiefer als — 56°,7 auch nur vorübergehend beobachtet worden. Man erkennt hieraus, daß die Erwärmung der Erde in höheren Breiten bei weitem nicht ausschließlich von der unmittelbaren Wirksamkeit der Sonne abhängen kann. Wirklich giebt es mehrere Zustände und Vorgänge auf der Oberfläche der Erde, durch deren gemeinschaftlichen Einfluß ein großer Theil der Wärme der tropischen Zone über die kälteren Himmelsstriche unserer Erde verbreitet und somit zugleich mit der Hitze der ersteren die Kälte der letzteren gemildert wird. Die allgemeinsten dieser Ursachen sind: die eigenthümliche Vertheilung von Land und Meer, die Richtung und Höhe der Gebirgszüge, die Strömungen des Meers und der Luft, die Verdunstung.

Da diese verschiedenen Veranlassungen der Wärme-Vertheilung und Ausgleichung auf der Oberfläche der Erde, zu welchen noch mannichfaltige örtliche und selbst im Laufe der Zeiten veränderliche Einflüsse hinzutreten, an Puncten von gleicher Breite oft von sehr ungleicher Bedeutung sind, so kommt es, daß die Orte von gleicher Jahreswärme nicht selten um 10 und mehr Breitegrade verschieden liegen.

Humboldt hat zuerst die Aufmerksamkeit auf diese merkwürdigen Temperaturverhältnisse gelenkt, indem er die Orte gleicher Jahreswärme rings um die Erde durch Linien verband, welche er Isothermen nannte. Die

mittlere Jahrestemperatur ist bis jetzt noch an viel zu wenigen Puncten bestimmt worden, um im Stande zu sein ein vollständiges Isothermen-Netz über die ganze Erdfläche ziehen zu können. Indessen ließen sich doch wenigstens für die nördliche Halbkugel, auf welcher die größten Ländermassen zusammengedrängt sind, hinreichende Beobachtungen sammeln, um die Hauptrichtungen der Isothermen auffinden zu können. Die hiernach entworfenen Isothermencharten *) zeigen mit einem Blicke die großen Abweichungen der Linien gleicher mittlerer Temperatur von den Breitegraden. Hier einige Beispiele, durch deren Verfolgung auf einer guten Weltcharte man ebenfalls eine ziemlich deutliche Anschauung dieser so merkwürdigen Verhältnisse gewinnen wird.

Die Isotherme von 20° schneidet südlich von Mogador die Westküste von Afrika, hebt sich gegen das mittelländische Meer, geht an Algier (19°,6) südlich vorüber, begleitet die Küste bis Tunis (20°,3) und zum Cap Bon, bleibt dann südlich von Sicilien, Candien und Cypern im mittelländischen Meer, schneidet Syrien zwischen Damaskus und Jerusalem, geht, allmählich nach Norden steigend, südlich vom caspischen Meer bei Teheran vorüber über die Hochfläche von Iran, sich langsam senkend, bis sie in der Breite der Likeio-Inseln die Ostküste von China trifft. Sie erreicht unter 28° N. B.

*) z. B. die von Berghaus in seinem physikalischen Atlas mitgetheilten.

die Halbinsel Californien, wendet sich aber bald wieder mehr nördlich und geht längs dem 32° N. B. durch Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama und Georgien (Savannah 19°,5) in das atlantische Meer, an den Bermudischen Inseln vorüber, wenig südlich von Madera (Funchal auf Madera 19°,8, St. Cruz de Teneriffa 21°6) gegen die afrikanische Küste.

Die Isotherme von 10° läuft durch den Süden von Irland, (Dublin 9°,6, Cork 10°,6) durch Wales, (Liverpool 9°,6, Plymouth 11°, Penzanze in Cornwallis 11°,1) nach dem südlichen England nahe an London (9°,8) vorüber, Frankreich (Paris 10°,5) und Belgien (Brüssel 10°,5) südlich lassend, durch die Niederlande, (Haarlem 10°, Amsterdam 9°,8, Franecker 10°,3) biegt sich an der deutschen Gränze plötzlich gegen Süden, westlich von Münster (9°,5), Düsseldorf (9°,5), Elberfeld (9°,1), Trier (9°,8), Metz (10°,3) und Frankfurt (9°,8) bis nach Mannheim (10°), Karlsruhe (10°), Heidelberg (10°), zieht dann in östlicher Richtung weiter, Würzburg (10°) berührend, durch das südliche Böhmen und Mähren, (Prag 9°,6, Olmütz 9°,1, Wien 10°,5) das nördliche Ungarn, (Ofen 10°,5, Klausenburg 10°,4) die Moldau und südlich von Odessa (9°,1) durch das schwarze Meer; durchschneidet den nördlichen Theil des kaspischen Meers (Astrachan 9°,4) und erreicht wahrscheinlich nördlich von der Halbinsel Korea unter dem 42° N. B. die Ostküste von Asien. Die Westküste von Amerika trifft sie bei der Mündung des Columbia

flusses unter 46° N. B., sinkt aber während ihres Fortschreitens nach Osten bis zu 41° N. B., berührt Councill Bluffs (10°) am Platte-Fluß, Detroit (10°,1) in Michigan, North-Salem (10°,1) in Neuyork und erreicht etwas südlich von Boston (9°,6) den atlantischen Ocean, von wo aus sie sich während ihres Fortgangs nach Europa rasch über 51° N. B. erhebt.

Die Isotherme von 0° streift die Nordküste der Insel Island und den Polarkreis, berührt unter 71° N. B. das Nord-Cap (0°,1) von Europa, wendet sich von hier plötzlich südwestlich, längs der Schweden und Norwegen scheidenden Gebirgskette hin, (Alten 0°, Enontekis in Russisch Lappland — 2°,7) geht dann mit einer Wendung nach Südosten bis unter den Polarkreis zurück, berührt Tornea, läßt Uleaborg (0°,7) in Finnland südlich, senkt sich im Innern von Rußland (Petersburg 4°, Moskau 3°,9, Kasan 2°,2) immer mehr südwärts, Slatoust (0°,3) in der Breite von Moskau und Kasan fast berührend; Jekaterinenburg (0°,5) und Petropablowsk (1°,9) südlich, Tobolsk (— 2°,4) weit nördlich lassend, geht sie dann mehr gleichlaufend mit den Breitegraden nördlich von Barnaul (1°,8), nahe an Irkuzk (— 0°,2) vorüber, hebt sich wieder gegen das Meer hin, durchschneidet die Mitte von Kamtschatka und scheint im Nordwesten von Amerika wieder den Polarkreis zu erreichen. Im Innern des Festlandes geht sie aber wieder rasch nach Süden, der Richtung der nördlichen Felsengebirge folgend, berührt den Winipegsee (Fac

torei Cumberland-House 0°) und durchschneidet den südlichen Busen der Hudsonsbai. Von der Ostküste von Labrador wieder nördlich steigend, kehrt sie, ohne die Südspitze von Grönland (Julianshaab — 0°,9) zu erreichen, nach Island zurück.

Wer den Gang dieser Wärmelinien mit dem Blicke auf eine Erdkarte verfolgt hat, wird bemerkt haben, daß der zwischen den Isothermen von 20° und 0° enthaltene Ländergürtel (die gemäßigte Zone der nördlichen Erdhälfte) in Europa sich am weitesten gegen Norden erhebt und hier auch seine größte Breite besitzt, denn er schließt nicht nur den ganzen europäischen Continent, sondern auch vom 71. bis zum 35. Breitegrade alle zugehörigen Inseln, und sogar einen Theil der Nordküste von Afrika, im Ganzen eine Fläche von 36 Breitegraden ein. Schon im äußersten Osten von Europa, aber weit auffallender noch in Asien, schrumpft er von seinen beiden Begränzungen her zusammen, an der schmalsten Stelle im inneren Asien bis zu 20 Breitegraden. An den Westküsten von Nordamerika umfaßt er von 28° bis vielleicht 66° N. B. das schmale Küstengebiet, welches den Abhang der fast parallel mit der Meeresküste laufenden Hochgebirge bildet, zieht sich aber im Innern bald wieder bis zu ungefähr 23 Breitegraden zusammen, und behält dann diese Breite bis zu der Ostküste des neuen Continents.

Während die mittlere Temperatur von 0° sich in Europa bis zu 71° N. B. und an der Westküste von Amerika bis zu 66° N. B. erhebt, findet sie im Innern

der großen Continente und an deren Ostküsten schon in der Breite von 55° ihre Gränze. Die Nachbarschaft der Meere veranlaßt also ganz unverkennbar auf die westlichen Küstenländer eine die Temperatur mildernde Einwirkung, die sich an den östlichen Meeresküsten nicht äußert. Diese Einwirkung verliert sich allmählig im Innern des Festlandes und wird von da an, wo hohe von Norden nach Süden ziehende Gebirge das Küstengebiet vom Binnenlande scheiden, auffallend vermindert.

In allen Gegenden der Erde, durch welche die Isotherme von 0° zieht, kann unter der Bodenfläche, an der Gränze der beständigen Temperaturen, nicht wohl ein höherer Wärmegrad herrschen als 0°, jedoch vermehrt um die Wirkung der Erdwärme. Träfe man z. B. in der Tiefe von 100 Fuß auf die erwähnte Gränze, so würde man daselbst wahrscheinlich die beständige Temperatur von ungefähr 1° finden. Weiter nach Norden, wo die mittlere Bodentemperatur unter 0 fällt, muß man also unter der Bodenfläche, da wo der Wechsel der äußeren Temperaturverhältnisse verschwindet, die beständige Temperatur von 0° und selbst unter 0° antreffen; d. h. der Boden muß sich in einer gewissen Tiefe in jenen Breiten als beständig gefroren zeigen. Im nördlichen Asien und Amerika zwischen 58°—62° N. B. stößt man in der Tiefe von 15—16 Fuß selbst in den heißesten Sommertagen auf gefrornen Boden. In Bogoslowsk (Mitteltemperatur von — 0°,6), nahe unter 60° N. B., fand Humboldt die Erde mitten im Sommer nur 6 Fuß

tief aufgethauet. In Jakuzk (— 8°,1) unter 62° N. B., wo es in den Monaten Juli und August sehr warm wird, stößt man gleichwohl schon bei 3—4 Fuß Tiefe auf die ewige Eisschicht, die nach den Versuchen des dortigen Kaufmanns Schergin in der Tiefe von 358 P. F. noch nicht völlig durchsunken war. — Man kann sich denken, bemerkt Humboldt, wie rasch von 62°—72° N. B. von Jakuzk bis zur Mündung der Lena die Dicke der gefrornen Erdschicht zunehmen muß. Natürliche Quellen kann es also in diesen Regionen unserer Erde nicht mehr geben, und um Brunnen zu erhalten, müßte die ganze Dicke des mit Eis durchsetzten Bodens durchbohrt werden.

Wrangel fand in der Nähe der nördlichen Meeresgestade Sibiriens während der Sommermonate zahlreiche Seen, deren Boden gefroren war und die also gleichsam mit Wasser gefüllte Becken von Eis bildeten, wie man sie so häufig im Gletscher-Eis bemerkt. Sie waren leer von Fischen, während ganz in der Nähe andere tiefere Seen reichlich damit besetzt waren. Bei diesen konnte der Grund nicht unter 0 abgekühlt sein, weil sonst die Wassermasse nach und nach ebenfalls hätte erstarren müssen. Eben so sind auch die großen und tiefen Landseen im hohen Norden von Nordamerika sehr fischreich *).

*) Die Möglichkeit des Vorhandenseins großer Wasserbecken, die in der Mitte eines bis zu mehreren hundert Fuß Tiefe gefrornen Bodens, während der strengsten Winterkälte unter einer Eisdecke von höchstens 10—12 Fuß Dicke, flüssiges Wasser von 0° und darüber enthalten, beruht auf der merkwürdigen Eigenschaft des

Zur Bestimmung des Laufes der Isothermen für Wärmegrade unter — 5° hat man bis jetzt nur wenige zuverlässige Grundlagen. Doch scheinen sie darauf hinzuweisen, daß der Nordpol nicht der kälteste Punct der Erde ist, sondern daß es auf der nördlichen Halbkugel zwei Puncte größter Kälte giebt. Nach Kämtz liegt der eine in Sibirien in der Nähe des Vorgebirges Taimura, nahe der nördlichsten Spitze von Asien; der andere nördlich von der Barrowstraße, am Ende der Baffins-Bai.

Die niedrigsten Jahresmittel, welche bis jetzt aus wenigstens ein Jahr lang fortgesetzten Beobachtungen gefunden worden sind, sind die folgenden:

Ustjansk, Städtchen an der Mündung der Jana in Sibirien, in gleicher Breite mit dem Nord-Cap von Europa — 16°,4.

Wassers, bei 4° Temperatur eine größte Dichtigkeit anzunehmen, d. h. von dieser Temperatur aus, sowohl durch Erwärmung, wie durch Abkühlung sich auszudehnen. Diese Eigenschaft bewirkt, daß während der Sommermonate das an der Oberfläche eines Beckens zu 4° erwärmte Wasser sogleich untersinkt, so lange bis die ganze Wassermasse diesen Wärmegrad angenommen hat, und daß es dann durch spätere an der Oberfläche vorgehende Temperatur-Veränderungen nicht wieder in die Höhe steigen kann.

Während also in großen und tiefen Landseen der Eindruck einer Wärme von 4° bis zu jeder Tiefe abwärts wirkt und eine Abkühlung des Bodens unter 4° nicht gestattet, vermag die Winterkälte, die sich abwärts nicht anders als durch Leitung fortpflanzen kann, nur zu geringer Tiefe einzudringen.

Winter-Hafen, Insel Melville, in 74°,8 N. B. — 18°,7.

Insel Iglolik, im Norden der Hudsons-Bai, unter 69°,3 N. B. — 16°,6.

Port Bowen, an der Prinz-Regent Einfahrt, unter 73°,2 N. B. — 15°,8.

Winter-Insel, im Norden der Hudsons-Bai, unter 66°,2 N. B. — 14°.

Elisabeth-Hafen, in Boothia Felix, unter 70° N. B. — 15°,7.

Die Linie der höchsten mittleren Jahrestemperatur fällt nicht mit dem Äquator zusammen, sie scheidet denselben an mehreren Puncten. Der größte Theil ihrer Länge liegt aber auf der nördlichen Erdhälfte. Die höchsten mittleren Temperaturen der tropischen Zone betragen 27 bis 29 Grad.

Zehnter Vortrag.

Temperatur der oberen Luftschichten.

Unsere Atmosphäre wird, wie schon früher gezeigt wurde, durch unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen nur wenig erwärmt. Aber die unterste Schicht nimmt Antheil an der Temperatur des Erdbodens, sie dehnt sich dadurch aus, wird leichter und muß (ganz so wie wir es bei dem Rauche der Schornsteine und der die Lichtflamme

umgebenden Luft wahrnehmen) in die Höhe steigen, nachdringender kälterer und schwererer Luft ihre frühere Stelle überlassend. Durch diese aufsteigenden Luftströme wird die Wärme des Erdbodens zu bedeutenden Höhen getragen, wiewohl nicht ohne allmählige Abnahme der Temperatur. Sie ist bei heiterer ruhiger Luft so ziemlich der Höhe proportional und beträgt auf je 500 Fuß Erhebung durchschnittlich 1° C.

Diese allmählige Temperaturerniedrigung der Luft beruht weniger auf einem wirklichen Wärmeverluste, denn sie verliert ihre Wärme durch Ausstrahlung äußerst langsam, als vielmehr auf dem bei zunehmender Höhe abnehmenden Luftdrucke, der zur Folge hat, daß die vom Boden sich erhebende Luft sich mehr und mehr ausdehnen und dazu einen Theil ihrer Wärme verwenden (binden oder latent machen) muß. Weiß man doch, daß die Luft durch plötzliche und starke Ausdehnung sogar bis weit unter den Gefrierpunct des Wassers abgekühlt werden kann, so wie daß umgekehrt durch plötzliches und starkes Zusammenpressen derselben Schwamm entzündet wird.

Die Temperatur der höheren Schichten der Atmosphäre, so weit sie von dem Einflusse des erwärmten Erdbodens abhängt, ist begreiflicher Weise täglichen und jährlichen Schwankungen unterworfen. Die tägliche höchste Temperatur verspätet sich gegen die des Maximums an der Erdoberfläche. Während dieses z. B. in den Sommermonaten in der Ebne gegen 3 Uhr Nachmittags eintritt, fand es Kämtz auf dem Rigi in 5000 Fuß Höhe um

5 Uhr; Saussure auf dem Col du Géant (am Montblancgebirge) in 10,000 Fuß Höhe um 6 Uhr, also zu einer Zeit, wo die Temperatur der Erde bereits wieder abgenommen und folglich auch der Zufluß nach oben sich vermindert hatte. Je mehr sich in der Nacht die Erdfläche abkühlt, um so kälter wird auch die damit in Berührung stehende Luft; allein dieser Einfluß kann sich nur auf geringe Höhe erstrecken, weil die abgekühlten Lufttheile zugleich auch schwerer geworden sind und folglich nicht mehr aufsteigen.

Die nächtliche Abkühlung der Erdoberfläche wirkt daher nur wenig auf die höheren Schichten der Atmosphäre und diese geben die einmal aufgenommene Wärme sehr langsam wieder ab. So erklärt es sich, daß, obschon bald nach Sonnenuntergang die Temperatur des Bodens unter diejenige der Luft sinkt, gleichwohl ein Thermometer, das wenige Fuß über dem Boden aufgehängt und durch einen Schirm vor der nächtlichen Ausstrahlung gegen den Himmelsraum geschützt, übrigens frei von der Luft umspült ist, in heiteren Nächten eine 5 bis 6° und selbst mehr Grade höhere Temperatur anzeigt, als gleichzeitig ein anderes Thermometer, welches auf der Erde liegt.

Die verschiedenen Stoffe, welche den Boden bedecken, besitzen sämmtlich ein weit stärkeres Ausstrahlungs-Vermögen als die Luft, aber unter einander zeigen sie große Verschiedenheiten. Das Wasser und die Pflanzen sind besonders starke Ausstrahler. Zu Zeiten geringer mitt-

lerer Temperatur und in heiteren Nächten sieht man daher häufig stehendes Wasser von geringer Ausdehnung und Tiefe sich mit einer Eisrinde, das Gras der Wiesen sich mit Reif bedecken, die jungen Triebe und Blätter der Bäume erfrieren, ohne daß die Temperatur der Luft unter den Gefrierpunct gesunken ist.

Die Pflanzen erfrieren besonders leicht in windstillen Nächten, denn bei bewegter Luft wird ihnen ein großer Theil ihres Wärmeverlustes durch die vervielfältigte Berührung mit den wärmeren Lufttheilen wieder ersetzt. Hiermit hängt auch die bekannte Erfahrung zusammen, daß die Pflanzen auf den Anhöhen, wo die Luft in der Regel bewegter ist als in den Thälern, gewöhnlich auch am wenigsten vom Froste leiden.

Die niedrige Temperatur der höheren Schichten der Atmosphäre äußert in Folge der großen Beweglichkeit der Luft einen sehr merklichen Einfluß in den Gebirgsgegenden, deren mittlere Wärmehöhe dadurch unter diejenige der Ebnen in gleicher Breite herabgedrückt wird. Am auffallendsten zeigt sich dies in Gebirgen von geringem Umfange und auf einzelnen Gipfeln; ihre Mitteltemperaturen werden fast ganz durch die der Atmosphäre in gleicher Höhe beherrscht. Aber auch in hochgelegnen Ländermassen von großer Ausdehnung, auf Hochebnen, fühlt man den Einfluß der Höhe.

So findet man als mittlere Jahrestemperatur: auf dem Brocken bei 3500 F. Höhe nur 1° C.; in Clausthal bei 1750 F. H. 4°,9; in Göttingen bei 480 F. H. 8°,3;

in Münster unter derselben Breite aber nur 190 F. H. 9°,5; in Berlin, 1 Breitegrad nördlicher, bei 110 Fuß Höhe 9°,1.

Im süddeutschen Hochlande findet man: bei 1570 F. H. in München 9°,1; bei 1520 F. H. in Augsburg 8°; bei 1030 F. H. in Regensburg 8°,6; bei 1020 F. H. in Tübingen 8°,5; bei 760 F. H. in Stuttgart 9°,8; unter gleicher oder doch wenig verschiedener Breite, in Karlsruhe (350 F. H.) 10°; in Wien (500 F. H.) 10°,5.

In den Schweizer Alpen, bei 6450 F. H. im St. Gotthard-Hospiz — 1°; bei 1220 F. H. in Genf 9°,7; bei 800 F. H. aber 1° nördlicher, in Basel 9°,8; unter gleicher Breite wie Basel, aber 1300 F. H., in Zürich 8°,8.

Auf den weit ausgedehnteren Hochflächen von Mexico und Quito ist die Wärmeabnahme verhältnißmäßig viel geringer als in den deutschen Hochländern. Nach Humboldt ist die mittlere Temperatur von Mexico bei 6990 F. H. 16°,3; in gleicher Breite an der Meeresküste, in Veracruz 25°; die von Quito fast unter dem Äquator, bei 8970 F. H. 15°,6; am Meere 26°. In Ober-Peru und Bolivia trifft man einen fruchtbaren Boden und eine zahlreiche, Ackerbau treibende Bevölkerung in Höhen, welche denen der höchsten Spitzen des Berner-Oberlandes gleich kommen. Der große Titicaca-See liegt 12,600 Fuß, das Straßenpflaster der Stadt Potosi 12,800 Fuß über dem Meere. Auf der Nordseite des Himalaya, auf den Hochebnen von

Daba und Doompo (unter 31°15′ N. B.) finden sich sogar noch bei 14,000 F. H. Weizen- und Gerstenfelder (Humboldt).

Bei der Bestimmung der Isothermenlinien pflegt man die durch die Höhe der Lage eines Ortes bewirkte Temperatur-Erniedrigung so weit möglich in Abrechnung zu bringen. Man sagt demgemäß: Quito liegt auf der Isothermenlinie von 26°; München, Augsburg, Regensburg und andere Städte des süddeutschen Hochlandes liegen südlich von der Isotherme von 10°; die, wie früher erwähnt wurde, durch Karlsruhe und Würzburg nach Böhmen zieht. Die mittlere Temperatur der Schweizer Alpen auf die Meereshöhe zurückgeführt soll 11°,2 betragen.

Man wird jetzt verstehen, warum in einer gewissen Höhe über der Meeresfläche die Temperatur selbst in den heißesten Sommertagen 0° nicht überschreiten und daß auf Bergen, die über diese Gränze emporragen, der Schnee niemals ganz weggeschmolzen werden kann.

Die Gränze des ewigen Schnees steht in Abhängigkeit von der mittleren Temperatur des Bodens, und zwar hauptsächlich von der der Sommermonate. Die folgende Tafel gewährt eine Übersicht der Höhe der Schneegränze in den bekanntesten Hochgebirgen der Erde.

Gebirge	Gränze des ewigen Schnees.	Breite	Mittlere Temperatur in der Ebne.	
	Par. Fuß.		Jahr	Sommer
Norwegen Nordküste . . .	2200	$71\frac{1}{4}^0$–$71\frac{1}{2}^0$ N.	+ 0°,2	6°,2
Norwegen Binnenland . .	3300	70° N.	— 3°	11°,2
Desgleichen . . .	5000	61° N.	+ 4°,2	16°,2
Alpen	8000	$45\frac{3}{4}$–$46\frac{3}{4}$ N.		
Pyrenäen	8400	$42\frac{1}{2}$–43 N.	15°,2	23°,8
Kaukasus	10400	$42\frac{1}{2}$–$43\frac{1}{3}$ N.	13°,8	21°,6
Ararat	13300	$39\frac{3}{4}$ N.		
Himalaya nördlicher Abhang	15600	$30\frac{3}{4}$–31 N.		
südlicher Abhang	11700			
Cordilleren von Mexiko . .	14100	19° N.	25°	27°,8
von Quito . . .	14800	0°–$1\frac{1}{2}^0$ S.	26°	28,6
von Bolivia . .	16000	16°–$17\frac{3}{4}^0$ S.		
von Chili . . .	13800	33° S.		
von Chiloe . . .	5640	41°–43° S.		
Feuerland	3480	54° S.	+ 5,4	10°

Die Lage der Schneelinie hängt, wie man sieht, nur im Allgemeinen von der mittleren Wärme des Jahres ab, und senkt sich von den Äquatorialgegenden nach beiden Seiten gegen die Pole hin. Im Norden von Spitzbergen über 80° N. B. hinaus scheint sie den Boden zu berühren. Im Norden von Asien und Amerika erreicht sie ihn schon bei beträchtlich niederer Breite, so daß die wagerechte Durchschnittslinie der Schneegränze und der Erdoberfläche,

ähnlich den Isothermen, nicht mit der Breite parallel läuft. Auf der südlichen Halbkugel scheint die Schneelinie früher als auf der nördlichen, nämlich schon zwischen dem 67°—71° der Breite die Meeresfläche zu erreichen. In Feuerland senkt sie sich schon fast zu derselben Tiefe herab, als in Norwegen unter dem 70sten Breitegrade. In Süd-Georgien unter gleicher Breite fand Cook mitten im Sommer die Buchten mit Eisklippen begränzt und das Land an vielen Stellen mit Schnee bedeckt. Eben so fand er Sandwichland, dessen Breite derjenigen der Shetlands-Inseln entspricht, den 1. Februar, d. h. in der wärmsten Jahreszeit der südlichen Halbkugel, mit Eis umgeben und das ganze Land, von den Spitzen der Berge bis an den Fuß der Klippen in die die Küste ausläuft, mit Schnee viele Faden tief bedeckt.

Auf die Höhe des ewigen Schnees in einer Gegend wirken alle die Einflüsse ein, welche die mittlere Temperatur des Sommers bedingen. Auf der schwedischen Seite der scandinavischen Gebirge rückt die Schneegränze wegen des heißeren Sommers höher hinauf als auf der norwegischen Seite, wo, ungeachtet der höheren Jahrestemperatur, der Sommer kühler und feuchter ist, folglich die Schneefälle auf den Bergen reichlicher sind und die Abschmelzung langsamer vor sich geht als in Schweden. Eben so bemerkt man, daß der Schnee an den östlichen Abhängen der südamerikanischen Anden zu beträchtlich größerer Höhe wegschmilzt als auf der Westseite, wo der durch den Einfluß des Meeres etwas kühlere Sommer

zur Verminderung der im Winter angesammelten Schneemassen nicht so kräftig einwirken kann, als der heißere und trocknere Sommer im Innern des Festlandes. Überhaupt zeigt sich als Regel, daß die Schneegränze in der Nachbarschaft der Meere sich herabsenkt, dagegen im Innern der Continente über großen Gebirgsmassen und Hochebnen sich hebt. So steht die ungewöhnlich niedrige Lage der Schneelinie in den der Küste nahe liegenden Gebirgen von Süd-Chili und Chiloe ganz unter dem Einfluß der feuchten Seeluft. Die mittlere Temperatur von Chiloe ist 10°,5. Gleichwohl sind die Sommer dort so kühl, daß, mit Ausnahme von Äpfeln und Erdbeeren, kein Obst vollkommen reif wird, und daß man zuweilen Gerste und Korn, um sie zum Ausreifen zu bringen, in die Häuser schaffen muß. Die Insel Chiloe wie das benachbarte feste Land ist von einem dichten Walde bedeckt, der von Feuchtigkeit strotzt; die Luft ist selten ganz klar. Nur 9 Breitegrade nördlicher in dem trocknen Central-Chili, wo während eines langen Sommers von 7 Monaten kein Regen fällt und der Himmel selten mit Wolken bedeckt ist, steigt die Schneelinie mehr als 8000 Fuß höher.

Die Pyrenäen und der Kaukasus liegen unter ganz gleicher Breite. Gleichwohl rückt die Schneegränze in den kaukasischen Gebirgen um 2000 Fuß höher hinauf, weil die weitere Entfernung vom Ocean, und in Folge davon die trocknere Luft, die Häufigkeit atmosphärischer Niederschläge während der Wintermonate verringert, da-

gegen der Abschmelzung und Verdunstung im Sommer förderlich ist.

Der Einfluß der Trockenheit und des Continentalsommers zeigt sich in der auffallendsten und überraschendsten Weise am Himalaya, auf dessen südlichen Abhängen die Schneelinie 4000 Fuß tiefer herabgeht als auf den nördlichen.

In den Alpen senkt sich die Schneelinie auf der Nordseite durchgängig etwas tiefer herab als auf der Südseite, weil in Italien im Winter und Sommer eine wärmere und klarere Luft herrscht als in Deutschland, und weil überdies die häufig eintretenden warmen Südwinde (der Foen) die südlichen Abhänge zuerst berühren.

Manche Gipfel der Alpen, welche sich über die gewöhnliche Schneelinie erheben, werden im Sommer gleichwohl frei von Schnee, weil sie von der Hauptmasse des Hochgebirges zu entfernt liegen. Wo dagegen eine größere Reihe von Schneebergen zusammenhängen, rückt der ewige Schnee häufig zu einer Tiefe herab, in welcher er auf vereinzelten Spitzen jeden Sommer wegschmelzen würde.

Während der Wintermonate senkt sich die Schneelinie über ganz Europa bis zur Meeresfläche und findet ihre Begränzung erst zwischen dem 30°—35° N. B., d. h. jenseits dieser Breite hat man kein Beispiel, daß Schnee im Flachlande liegen geblieben ist.

An einzelnen beschatteten Stellen der Gebirge und in Gebirgseinschnitten, in welche die Sonnenstrahlen seltner oder gar nicht eindringen können, hält sich Eis und

Schnee oft in beträchtlicher Tiefe unter der Schneelinie das ganze Jahr hindurch. In vielen Schluchten und Thalgründen die bis zu den ewig beschneiten Höhen hinaufführen, werden Eismassen gegen die Niederungen vorgeschoben und erhalten sich nur durch das immerwährende Nachrücken des Eises von oben herab, in Umgebungen, wo ewiger Schnee längst nicht mehr selbstständig zu bestehen vermag. Diese mit Eis ausgefüllten Thäler bilden die eigentlich sogenannten Gletscher. Das ewige Eis der Gletscher bildet einen höchst auffallenden Gegensatz zu den sie begränzenden im Sommer ganz schneefreien Gebirgsabhängen, von denen man viele mit Wäldern und dicht neben dem Eise mit einem üppigen Pflanzenwuchse bedeckt findet. In der Alpenkette giebt es zahlreiche Beispiele von Gletschern die bis in die bewohnten Gegenden hinabreichen. So gehen in dem Thale von Chamouni mehrere Gletscher bis unmittelbar zur Thalsohle hinab, und das Ende des unteren Grindelwald-Gletschers (im Berner Oberlande) liegt nur 3000 Fuß über dem Meere. Das Gletscher-Ende ist indeß kein ganz fester Punct. Während einer Reihe von kalten Sommern rückt es vor, in warmen Jahren zieht es sich wieder zurück. Doch sind diese Schwankungen nur unbeträchtlich, verglichen mit der Länge der Gletscher, von welchen mehrere auf 3—4 Meilen Weite die Windungen der Thäler verfolgen, hier und dort aus den Seitenthälern Eiszuflüsse erhalten, und so aus der Entfernung von hohen Bergspitzen betrachtet, ganz das Ansehen breiter Ströme mit

ihren Nebenflüssen gewähren. In der Nähe erkennt man jedoch mächtige Eismassen, nur selten mit einiger Regelmäßigkeit geschichtet, gewöhnlicher nach allen Richtungen zerklüftet und in einander gekeilt, mit wild emporstarrenden Spitzen und gezackten Wänden. Hier und dort sieht man die Oberfläche mit Sand, Schutthaufen und Felsblöcken bedeckt, welche, von den Bergabhängen herabfallend, mit dem Eise fortrücken und theils an den Seiten, theils erst an der Ausmündung der Gletscher abgelagert werden, wo sie seit Jahrtausenden angehäuft und alljährlich vermehrt die Moräne der Gletscher bilden. Da, wo das Eis weniger von Schründen durchsetzt ist, rieseln zahllose kleine Bäche, durch das abschmelzende Eis genährt, über seine Oberfläche, bis sie bald von geschlossenen Vertiefungen aufgenommen dieselben bis zum Überfließen anfüllen, bald, in tiefe Spalten sich ergießend, auf den Grund des Thales herabfallen und dann unter dem Gletscher weiter fließend und mit vielen andern zu einem starken Bache gesammelt, erst an seinem unteren Ende wieder zum Vorschein kommen. Da, wo größere Felsblöcke und Trümmerhaufen auf dem Eise liegen, wird die Einwirkung der Sonnenstrahlen abgehalten. Während die Abschmelzung ringsum vor sich geht, bleiben daher unter der schützenden Decke säulenartige Erhöhungen zurück, auf welchen ruhend die Felsstücke von Jahr zu Jahr mehr und oft zu bedeutenden Höhen aus der Oberfläche hervorzuwachsen scheinen, bis ihre unsicheren Stützen, endlich doch von der Witterung zernagt, zusammenstürzen. — Blätter und überhaupt

dünne organische Stoffe, welche zufällig auf das Eis fallen, äußern gerade den entgegengesetzten Einfluß. Sie besitzen, wie dies experimentell längst nachgewiesen ist, in ungleich höherem Grade als das Eis das Vermögen, die Wärmestrahlen in fühlbare Wärme umzusetzen. Da sie aber bei geringer Dicke die aufgenommene Wärme dem unter ihnen liegenden Eise sogleich mittheilen müssen, so schmilzt dieses rascher als in der Umgebung und es bilden sich kleine Vertiefungen, die einmal mit Flüssigkeit gefüllt durch das Niedersinken des an der Oberfläche über 0° erwärmten Wassers sich bald vergrößern.

Obschon das eigentliche Gletschereis eine feste zusammenhängende Masse bildet, so zeigt es sich doch, genauer untersucht, mit vielen haarfeinen Spalten durchsetzt; es besitzt daher in Masse nicht die Durchsichtigkeit des gewöhnlichen Eises und unterscheidet sich von diesem auch noch durch eine etwas geringere Sprödigkeit, wenn, wie gewöhnlich, seine Haarspalten mit Wasser vollgesaugt sind. Weiter oben nimmt es eine körnige Beschaffenheit an, und in den höchsten Theilen der Gletscher findet man nur eine Masse sehr feiner, theilweise zusammengefrorner Körner, den F i r n. Der Firn bildet sich aus dem jährlich herabfallenden Schnee durch abwechselndes Einsickern und nachheriges Gefrieren des an der Oberfläche entstehenden Wassers. Durch die Fortdauer dieser wechselnden Einflüsse verwandelt er sich während der abwärtsschreitenden Bewegung in das feste Gletschereis, welches demnach durch keine scharfe Gränze von dem Firn getrennt ist.

In der Firnregion bildet die Eismasse wagerecht liegende Schichten, die wahrscheinlich aus den Schneeablagerungen der einzelnen Winter entstehen, und deren Absonderungen durch den Staub und Sand, welche zur Sommerzeit von den entblöſ'ten Felswänden durch die Winde hergewebt werden, bezeichnet sind. Jede Schicht deutet folglich einen Jahrgang. So wie der Firn thalabwärts in die eigentliche Gletscherregion gelangt, biegen sich die anfangs wagerechten Schichten indem sie sich von beiden Rändern gegen die Mitte und thalabwärts einsenken. Weiter unten nimmt diese Einsenkung der Mitte zu; das Ausgehende der einzelnen Schichten, die sich durch die gewöhnlich etwas abweichende Beschaffenheit ihres Eises und den Sand, welcher an der früher nach oben gerichteten Fläche theilweise noch anhängt, deutlich unterscheiden lassen, fällt mehr und mehr in steilen Winkeln gegen die Mitte ein und stellt sich in der Mitte selbst theilweise senkrecht, nach der Längenerstreckung des Gletschers fortschreitend. So gewinnt das Ausgehende der Schichten auf der Gletscheroberfläche das Ansehen einer mehrfach eingeknickten Zickzacklinie, deren allgemeine Convexität jedoch immer nach abwärts gerichtet ist, das raschere Fortrücken des Eises in der Mitte des Gletschers anzeigend.

Die Entstehung des Gletschereises ist durchaus auf die Firnregion beschränkt. Während der kalten Jahreszeit gefriert zwar, so weit die Kälte eindringen kann, das die Vertiefungen ausfüllende oder das Gletschereis

tränkende Wasser, allein die so gebildeten Eisstreifen sind dichter und unterscheiden sich durch Klarheit und eine rein himmelblaue Farbe von dem porösen und undurchsichtigen Gletschereise, dessen Masse sie bandartig durchziehen.

Da jeder Gletscher durch die an seiner Oberfläche vorsichgehende Abschmelzung alljährlich einen beträchtlichen Theil seiner Masse verliert, so muß seine Dicke während des Vorrückens nach unten im Allgemeinen abnehmen. Nach Agassiz Schätzungen beträgt die Dicke der Eismassen in den oberen Theilen der größeren Alpengletscher wenigstens 1000 Fuß, und ist bei einigen selbst noch am Ende, nahe 200 Fuß. Es ergiebt sich hieraus eine ungeheure Schiebkraft des Gletschereises, auch bei geringer Abhängigkeit des Thalgrundes. Z. B. an dem Eismeere oberhalb des Chamouni-Thals findet Charpentier eine Neigung des Bodens von 5° – 6°; die Senkung betrüge hiernach auf 10 Fuß Länge ungefähr 1 Fuß. Nun verhält sich bekanntlich die Schiebkraft wie die Stärke des Abhanges und beträgt also bei dem erwähnten Gletscher $\frac{1}{10}$ vom Gewichte der Eismasse. Da das Eismeer ungefähr 5400 Fuß Breite hat, so giebt dieß, die mittlere Dicke der Eismasse nur zu 200 Fuß angenommen, auf je 100 Fuß Länge den gewaltigen Druck von 6,5 Millionen Centner, gegen Alles was sich dem Abwärtsgleiten der Gletschermasse widersetzt.

Die bei den Alpenbewohnern längst eingewurzelte Ansicht eines Herabgleitens der Gletscher durch ihr eignes Gewicht hat daher seit Saussure's gründlichen Studien

dieser so merkwürdigen Erscheinungen auch bei den Naturforschern vielfach Beifall gewonnen.

Die untere den Boden berührende Fläche der Gletscher (wenigsten aller großen in Thalgründen vorrückenden Gletscher) befindet sich in einem Zustande ununterbrochnen Abschmelzens. Dieß beweist die unmittelbare Erfahrung an allen Stellen, wo man unter dem Gletscher hat eindringen können. Unter vielen Gletschern ziehen sich zwischen dem Boden und dem Eise Höhlungen hindurch, tief einwärts und in mannichfachen Verzweigungen. Hugi, Ennemoser und andere *) sind in mehrere dieser Höhlen weit vorgedrungen und herumgekrochen. Die Eisgewölbe, unter welchen die Gletscherbäche am untern Ende vieler Gletscher hervorkommen, sind allgemein bekannt. Daß diese Höhlungen auch in den höheren Theilen derselben vorkommen, beweisen die auch dort noch in die Spalten einstürzenden Bäche, deren Rauschen während des Fortfließens unter der Eismasse an vielen Stellen vernommen wird. Beim Eintritt des Frühjahrs sammelt sich das Wasser in vielen Vertiefungen und Spalten und bildet die sogenannten, oft hoch am Gletscher liegenden Gletscherseeen, bis es endlich den Zutritt in das zerklüftete

*) Der Wirth Christian Bohren stürzte im Jahre 1787 auf dem oberen Grindelwald-Gletscher in eine 64 Fuß tiefe Spalte, woraus er trotz seines gebrochenen Arms einen Ausweg fand, indem er in dem Bette des Bachs unter dem Gletscher hervorkroch.

Innere findet, und dann gewöhnlich in kurzer Zeit abfließt, ein plötzliches Anschwellen der Gletscherbäche bewirkend.

Die meisten dieser Bäche hören selbst im Winter nicht ganz auf zu fließen. Ihre Temperatur, so oft man sie geprüft hat, wurde über 0° gefunden, wenn auch selten mehr als 1°. Verbindet man hiermit die unausgesetzte wenn auch langsame Einwirkung der Bodenwärme, die an manchen Stellen unter den Gletschern vielleicht entspringenden Quellen, das Eindringen der äußeren Luft unter die zerklüfteten Eismassen, so bieten sich Ursachen genug, die ein fortgehendes Schmelzen des Eises im Grunde der Gletscher bedingen können. — Zudem hat Agassiz durch unmittelbare Untersuchung nachgewiesen, daß das Innere der Gletschermasse unveränderlich die Temperatur des schmelzenden Eises besitzt. Er hatte zu diesem Zwecke ein Loch nach und nach bis zu 200 Fuß Tiefe einbohren lassen. Nur an der Oberfläche und bis zur Tiefe von wenigen Fußen konnte man ein geringes durch nächtliche Ausstrahlung bewirktes Sinken unter 0 bemerken. Diese Temperaturerniedrigung kann auch im Winter nicht viel weiter gehen, weil sich in dieser Zeit alle Gletscher mit dicken Schneelagen bedecken.

Die ganze Masse eines Gletschers ruht auf der Thalsohle und drückt vermöge ihres Gewichtes gegen die Unebenheiten des im Allgemeinen abschüssigen Grundes. Indem nun die Stellen des Eises, welche den Boden be

rühren allmäblig abschmelzen, bewirkt die von oben aufdrückende Last ein Vorrücken thalabwärts.

Dieses Fortschreiten ist nicht gleich in den verschiedenen Jahreszeiten. Am geringsten im Winter und an manchen Gletschern fast verschwindend, nimmt es gegen das Frühjahr hin zu und zeigt sich überall am stärksten, wenn die im Winter gefallenen Schneemassen zu schmelzen beginnen und die Gletscherbäche durch das von allen Abhängen herabkommende, am Rande der Gletscher einsinkende Wasser verstärkt werden. Im Sommer tritt wieder eine Abnahme ein.

Nach Agassiz Beobachtungen findet das stärkste Vorrücken im Allgemeinen an den oberen Theilen der Gletscher statt. Das jährliche Vorrücken am unteren Ende beträgt bei einigen Alpengletschern über 300 Fuß, bei andern weniger. Es scheint, daß die massenhaftesten Gletscher auch am rascheſten vorwärts gehen. Nach dem Vorrücken des Aargletschers hat Agassiz berechnet, daß die Eismassen desselben 133 Jahre bedürfen, um von der Gränze des Firn bis zum Ursprunge des Aarflusses zu gelangen.

In der neuesten Zeit haben einige Naturforscher versucht die Bewegung des Gletschereises von andern Ursachen als den vorliegend erörterten abzuleiten. Dabei wurde von den einen ein besonderes Gewicht gelegt auf die das Gletschereis vor dem gewöhnlichen Eise auszeichnende etwas größere Nachgiebigkeit gegen äußere Eindrücke;

von andern auf eine vermeintliche Ausdehnung durch das Gefrieren des vom Gletschereise aufgesaugten Wassers.

Die Unhaltbarkeit dieser Theorien und selbst das Widersprechende derselben mit gewöhnlichen physikalischen Erfahrungen ist auf eine sehr gründliche und erschöpfende Weise von Peter Merian bewiesen worden. Aus seiner Abhandlung *) ist die vorliegende Darstellung hauptsächlich geschöpft.

Von den Schneebergen unter höheren Breiten senken sich die Gletscher häufig bis zur Meeresküste herab. Die von ihnen losbrechenden Eismassen stürzen ins Meer, wo sie dann unter dem Einflusse des Windes und der Strömungen umher getrieben werden. Sie bilden die schwimmenden Eisberge, welchen die Seefahrer in den Polarmeeren so häufig begegnen und die man zuweilen noch mit Felsblöcken, Erde und Schlamm bedeckt fand. An den europäischen Küsten kommen Gletscher, die bis zum Meere hinabgehen, nur in Norwegen vor und auch dort erst unter 67° N. B. Längs der Westküste von Südamerika finden sie sich im Hintergrunde der Sunde bis zu 46°40′ S. B.

*) Poggendorff's Annalen B. 60.

Elfter Vortrag.

Die Temperatur der Gewässer und ihr Einfluß auf die Klimate.

Die Temperatur der Gewässer, der Flüsse, Seen und Meere ist bei steigender Erwärmung gewöhnlich etwas niedriger als die des festen Bodens, wenn derselbe einem gleichen wärmenden Einflusse unterworfen ist.

Die Fähigkeit des Wassers Wärme in seiner Masse aufzunehmen, ist durchschnittlich 4mal so groß als die des Bodens, oder das Wasser bedarf 4mal so viel Wärme als der Boden, wenn gleiche Gewichtsmengen beider um eine gleiche Anzahl Grade erwärmt werden sollen. Hierzu kommt, daß die Sonnenstrahlen in dem Wasser, wenn auch nicht mit derselben Leichtigkeit wie in der Luft, doch sehr tief eindringen, bevor sie vollständig verschluckt oder in fühlbare Wärme verwandelt werden. Sie verbreiten daher ihre wärmende Kraft durch eine größere Masse; eine Wirkung welche durch die Beweglichkeit des Wassers, Wellenschlag und Strömungen nicht wenig gefördert wird.

Überdies ist die freie Oberfläche des Wassers zur Tageszeit einer fast ununterbrochenen Verdunstung unterworfen; d. h. ein Theil der von Außen eingedrungnen Wärme wird zur Dampfbildung verwendet, er geht in den Zustand der gebundenen Wärme über und hört folglich auf zur Temperaturerhöhung beizutragen.

Bei abnehmender äußerer Temperatur sind die Ge-

wässer gewöhnlich wärmer als der Boden. Die Oberfläche des Wassers giebt zwar die Wärme durch Ausstrahlung eben so leicht ab, als der Boden, allein da das erkaltende Wasser dichter und schwerer wird, folglich untersinkt, während wärmeres von unten aufsteigt, so kann die Abkühlung gleichwohl nur langsam fortschreiten. Zudem vermindert sich bei sinkender Temperatur die Verdunstung und hört unter gewissen Bedingungen, von welchen später die Rede sein wird, endlich ganz auf.

Die Gewässer, überall wo sie in sehr großer Menge vorhanden sind, wirken also darauf hin, die höchsten und niedrigsten Temperaturen einander näher zu rücken. Sie mildern den Eindruck der Sonnenhitze und tragen in gleicher Weise dazu bei, die nächtliche Abkühlung und die Kälte der Winter zu mäßigen.

Bäche und Flüsse, deren Tiefe nicht sehr beträchtlich ist, nehmen bald eine durch ihre ganze Masse ziemlich gleichförmige Temperatur an. Wenn die äußere Temperatur unter 0° sinkt, kann die des fließenden Wassers gleichwohl nicht unter 0° gehen, weil bei der jetzt beginnenden Eisbildung von der gebundenen Wärme des Wassers immer so viel frei wird als nöthig, um das eben neu erzeugte Eis und das noch nicht erstarrte Wasser auf 0° zu erhalten. Das unter der Eisdecke fließende Wasser behauptet daher auch in den kältesten Wintertagen die feste Temperatur des Gefrierpunctes. Die Oberfläche des Eises nimmt bei anhaltender Kälte die Temperatur der Luft an und pflanzt dieselbe allmählig in das Innere seiner

Masse fort, wodurch die Eisbildung, jedoch bei zunehmender Dicke der Eisdecke, immer langsamer fortschreitet.

Da das Eis leichter ist als das Wasser (sein specifisches Gewicht ist 0,916) so sollte man erwarten, daß es nur an der Oberfläche vorkommen könne. Gleichwohl findet man in den Flüssen bei beginnendem Froste sehr häufig den Grund mit Eis bedeckt. Die Bildung des Grundeises wird durch folgende Umstände begreiflich. Die Eiserzeugung wird wie jede andere Krystallbildung durch Gegenwart eines festen Ansatzpunctes, eines bereits vorhandnen Krystalls oder auch anderer fester Theile ungemein begünstigt. Man sieht daher nie daß Eis zuerst in der Mitte eines Beckens entsteht, sondern immer beginnt es am Rande und setzt sich von da aus nach der Mitte fort. Wird aber ein Stück Eis mitten in das erkaltende Wasser gehängt, so vergrößert es sich alsbald durch neue Eisbildung. — Wo solche feste Ansatzpuncte fehlen, kann das Wasser seine Temperatur merklich unter Null erniedrigen, bevor es erstarrt. Da nun dieses bei eintretendem Froste unter 0° abgekühlte Wasser eines Flusses durch die Bewegung nach unten gerissen wird, aber erst am Grunde feste Puncte findet, so kann auch erst hier die Eiserzeugung ihren Anfang nehmen. Das Grundeis, durch fortdauernden Ansatz allmählig vergrößert, da es für sich leichter ist als das Wasser, steigt endlich in die Höhe; Erde, Steine, Pflanzen, an denen es sich ansetzte, mit sich reißend, und so seinen Ursprung verrathend. In stehendem Wasser findet man niemals Grundeis.

Auf dem Grunde tiefer Landseen ist die Temperatur Jahr aus Jahr ein unveränderlich, in den meisten Seen etwas höher als 4°, aber in keinem niedriger gefunden worden. Da das Wasser bei 4° seine größte Dichtigkeit besitzt, d. h. von dieser Temperatur ausgehend so wohl durch Erwärmung wie Abkühlung sich ausdehnt und leichter wird, so ist ein Erkalten stehender Gewässer unter diesen Wärmegrad auf beträchtliche Tiefe hin unmöglich. In allen tiefen Wasserbecken, deren Oberfläche im Laufe des Jahrs bis zu 4° oder darunter erkaltet, muß sich der Grund sehr bald mit Wasser von 4° bedecken, und sobald diese Temperatur einmal eingetreten ist, kann sie durch Einflüsse von Außen nicht mehr verändert werden, so groß immerhin der Wechsel an der Oberfläche sein mag. Im Genfer See hat man ein Eindringen des äußeren Temperatur-Wechsels bis zu 240 Fuß Tiefe wahrgenommen. Darunter bis zu 950 Fuß Tiefe herrscht unveränderlich 6°,6. Im Bodensee fand man in der Tiefe die beständige Temperatur 4°,5; im Vierwaldstätter See 4°,9; im Neuenburger See 5° u. s. w. Diese geringen Erhebungen über 4° hat man wohl mit Recht der Einwirkung der Bodenwärme beigemessen. In südlicheren Gegenden, deren Temperatur auch in den Wintermonaten nicht mehr anhaltend bis auf 4° herabgeht, müssen die Landseen im Allgemeinen in der Tiefe einen der niedrigsten Jahrestemperatur nahe kommenden, jedoch etwas höheren Wärmegrad behaupten. Das mittelländische Meer, das bei seiner geringen Verbindung mit dem Ocean fast als ein

großer Landsee betrachtet werden kann, hat in der Tiefe von 1000 Fuß und darunter bis zu 3000 Fuß die Temperatur von 12°,6 C. Seine mittlere Temperatur an der Oberfläche beträgt 17—20°.

In den großen Weltmeeren ist die Temperatur an vielen Puncten, an einigen sogar bis zur Tiefe von 6000 Fuß untersucht worden. Es ergab sich im Allgemeinen eine bei zunehmender Tiefe erst rasche, dann langsamere und zuletzt fast unmerkliche Abnahme der Wärme, und was besonders bemerkenswerth ist, selbst in der Nähe des Äquators, bei einer Temperatur an der Oberfläche des Meeres die nie unter 25° sinkt, fand man in der Tiefe von 3000 Fuß und darunter nur 2°,2. Das Meerwasser theilt nicht mit dem süßen Wasser die Eigenschaft, bei einem gewissen Temperaturpuncte eine größte Dichtigkeit zu besitzen; es wird vielmehr schwerer je mehr es sich abkühlt, bis es endlich bei — 3° bis — 4° erstarrt. Im Augenblicke des Gefrierens scheidet sich sein Salzgehalt größtentheils aus, so daß das aus Meerwasser gebildete Eis fast ganz die Beschaffenheit des Eises von reinem Wasser besitzt und auch eben so leicht ist. Da das Meerwasser, so lange es nicht fest wird, während des Erkaltens sein Gewicht vermehrt und sogleich untersinkt, indem es zuströmendem, noch wärmerem Wasser seine Stelle überläßt, so muß die Abkühlung seiner Oberfläche allmählich bis zu sehr großer Tiefe eindringen und kann deßhalb an der Oberfläche selbst nur äußerst langsam vor sich gehen. So erklärt es sich, daß man sogar

innerhalb des Polarkreises in einiger Entfernung von den Küsten mitten im Winter offnes Wasser trifft. Auch in den Polarmeeren ist die Temperatur an mehreren Puncten bis zu **6000** Fuß Tiefe geprüft worden. Sie scheint nirgends viel unter —2° sinken zu können. Den Meeresgrund hat man an keiner Stelle gefroren gefunden.

Die folgende Tafel giebt eine Übersicht der wahrscheinlichsten mittleren Temperatur an der Oberfläche des atlantischen Oceans in verschiedenen Breiten:

Breite	Mittlere Temperatur	
	Nördliche Halbkugel.	Südliche Halbkugel.
0	26°	26°
10	27°,5	27
20	24,1	24,1
30	21,5	22,2
40	15,0	15,5
50	8,3	9,2
60	6,9	
70	4,25	
80	— 1,3	

Die Temperatur des stillen Meeres ist noch sehr wenig bekannt. Als wahrscheinlich hat sich jedoch herausgestellt, daß sie in der gemäßigten und kalten Zone unter gleicher Breite überall hinter der des atlantischen Meeres um 2 bis 3 Grade zurücksteht.

Die Schwankungen um die mittlere Jahrestemperatur, nämlich die Erhöhungen über dieselbe und die Senkungen darunter sind auf dem hohen Meere sehr gering und betragen in mittleren Breiten, wo sie am bedeutend-

sten zu sein scheinen, kaum 2—3°. Der Spielraum der täglichen Abwechslungen ist entfernt von dem Einflusse der Küsten natürlich noch geringer. Die Luft, welche das Meer bespült, kann keine von derjenigen der Meeresoberfläche bedeutend abweichende Temperatur besitzen; und es ist klar, daß diese Luft, von dem Winde nach den Küsten getrieben, einen mächtigen Einfluß ausüben muß, die Gegensätze der Temperatur auf dem Lande auszugleichen. In der That vergrößern sich die Schwankungen der Luft und Bodentemperatur, je weiter man in das Innere der Länder eindringt.

Die Temperatur der Meerbusen und Binnenmeere ist wegen der Nachbarschaft der sie umgebenden Ländermassen beträchtlich größeren Schwankungen unterworfen als die der Oceane. So beträgt die mittlere Sommertemperatur der Ostsee 15—17°,5 und an einzelnen Sommertagen findet man 20—23°, während große Strecken dieses Meeres im Winter zufrieren.

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele äußerster Wärmegrade, die man an den bezeichneten Orten in der Luft beobachtet hat, zusammengestellt.

Ort	Breite	Niedrigste	Höchste
		beobachtete Temperatur.	
Quito *)	0,14′ S.	6°	22°
Singapore	1°,17′ N.	21°,7	31°,7
Madras	13°,5′	17,8	40,3
Martinique	14°,36′	17,1	35
Otaheiti	17°,29′	18,3	32,2
Honoruru (Sandwichinseln)	21°,19′	8,9	31,1
Calcutta	22°,35′	11,1	37,2
Canton	23°,8′	— 2,2	35,6
Funchal (Madera)	32°,8′	— 10,6	29,4
Bagdad	33°,21′	— 5°	48,9
Algier	36°,47′	— 2,5	38
Lissabon	38°,42′	— 2,7	38,8
Peking	39°,54′	— 15,6	43,1
Cincinnati (Ohio)	39°,6′	— 27	42
Rom	43°,57′	— 5,9	31,3
Prag	50°,5′	— 27,5	35,4
Penzance (Cornwallis)	50°,7′	— 4,4	28,9
Brüssel	50°,51′	— 22,5	35
London	51°,31′	— 20,6	35,6
Berlin	52°,31′	— 30	39,3
Kopenhagen	55°,41′	— 22,7	32,9
Moskau	55°,45′	— 42,2	36,2
Jakuzk	62°,1′	— 58	30
Drontheim	63°,25,	— 23,7	28,7
Reikiavig	64°,8′	— 20	20,5
Enontekis	68°,40′	— 50	26
Felix-Hafen (Boothia)	70°	— 50,8	21,1
Nowaja-Semlja			
Ostküste	70°,37′	— 40	10
Westküste	73°	— 46,9	13,7

*) Die äußersten Temperaturgränzen in Quito, bekanntlich in 8900 F. Höhe, zeigen in recht auffallender Weise die Abnahme der Temperatur-Schwankungen bei zunehmender Höhe.

Ein Blick auf diese Tafel belehrt sogleich, daß die äußersten Temperaturgränzen in der Nähe der Küsten und auf Inseln am meisten zusammenrücken, dagegen im Innern der Continente sich von einander entfernen; daß eine heftige Winterkälte und in noch weit auffallenderem Grade die Sommerhitze mehr von der Lage eines Ortes im Inneren des festen Landes als von der Breite abhängt. Nur im höchsten Norden, wo die Sonne die in der langen Winterzeit angehäuften Eis- und Schneemassen nicht mehr ganz wegzuschmelzen vermag, fehlen die warmen Sommertage.

Auf dem hohen Meere wurde selbst in den heißesten Theilen der Erde selten eine Wärme von 30° und niemals über 31° beobachtet. Eben so warm wird es an einzelnen Sommertagen in Jakuzk, ungeachtet dort im Winter das Quecksilber oft Monate hindurch sich fest und hämmerbar erhält. Während die Abwechslungen der Temperatur auf dem Meere sich auf 3 höchstens 4° beschränken, sind Schwankungen von 40—50° im Binnenlande und namentlich unter höheren Breiten ganz gewöhnlich. In Moskau ist 78°,4 und in Jakuzk sogar ein Unterschied von 88° beobachtet worden. Kältegrade über — 50° sind in den nördlichsten Ländern der Erde gar nichts Ungewöhnliches, doch scheint es nicht daß man bisjetzt in der freien Luft irgendwo — 60° beobachtet hat. Die Temperatur scheint an manchen Orten zuweilen eben so hoch über 0 zu steigen, als sie an andern unter 0 sinkt. In Suez soll das Thermometer

zur Zeit der französischen Expedition einmal auf 52°,5 gestiegen sein, und in Murzuk (Fezzan) will Lyon sogar 56°,2 erlebt haben. Gewiß ist, daß die auf der Erde vorkommenden Temperaturen innerhalb eines Spielraumes von mehr als 100° schwanken.

Es ist in der That merkwürdig, daß der menschliche Körper solche Abwechselungen nicht nur vorübergehend ertragen kann, sondern sogar fähig ist, sich daran zu gewöhnen. Übrigens stimmen die Erfahrungen vieler Reisenden darin überein, daß eine ungewöhnliche hohe Kälte bei ruhiger Luft in der Regel leichter ertragen wird als eine ungewöhnlich hohe Hitze. Es ist einleuchtend daß man sich vor der ersteren leichter als vor der letzteren zu schützen im Stande ist; zudem sind sehr hohe Kältegrade selten von stark bewegter Luft begleitet. Kalte Winde aber belästigen, wie die Erfahrung lehrt, mehr als eine, wenn auch an und für sich weit niedrigere Temperatur. Der berühmte Nordpolfahrer Capit. Roß und seine Leute bewegten sich und arbeiteten ohne besondere Beschwerde im Freien, bei einer Kälte wobei das Quecksilber fror, während sie bei Temperaturen, nur wenige Grade unter 0, den Eindruck heftiger Winde unerträglich fanden.

Darwin erzählt mehrere Beispiele von Reisenden, die in den Gebirgspässen des nördlichen Chili bei heftigen Stürmen erfroren sind, ohne daß das Thermometer bedeutend unter 0° stand und ohne daß Schnee fiel.

Es ist nicht sowohl die Erniedrigung der äußeren Temperatur, als die Menge der entzogenen Wärme, welche

der Körper empfindet. Dieser Wärmeverlust häuft sich nun um so mehr, je öfter die in jedem Augenblicke nur geringe Luftmasse, welche den Körper berührt, wechselt. Daher kommt es, daß der Wind, ohne die Quecksilbersäule des Thermometers viel herunterdrücken zu können, gleichwohl dem menschlichen Körper mehr Wärme entzieht, als eine weit strengere Kälte bei ruhiger Luft. Unsere Kleidungsstücke, für sich ohne alle wärmende Kraft, können keinen andern Schutz gegen die Kälte gewähren, als daß sie den Luftwechsel, die einzige Ursache wodurch die Kälte empfindlich werden kann, verlangsamen. Daher sind, wie jedermann weiß, mäßig weite und faltige Kleidungsstücke, indem sie eine Luftschicht zwischen dem Körper und der äußeren Hülle gestatten, wärmer als enge anschließende.

Die deutlichste Anschauung von dem mächtigen Einflusse der großen Weltmeere auf das Klima der angränzenden Küstengebiete erhält man aus der folgenden

Tabelle

über die mittleren Winter- und Sommertemperaturen an verschiedenen Orten, die, so weit es möglich war, nach gleichen mittleren Jahreswärmen geordnet sind:

Ort	Breite	Mittlere Temperatur			Unterschied.
		Jahr	Winter	Sommer	
Melwille-Insel .	74,°45′	— 18°,5	— 33°,5	2°,8	36,°3
Boothia	70°	— 16,88	— 33,26	3,09	36,35
Ustjansk (Jana) .	70°,35′	— 16,4	— 37,9	9,2	47,1
Nowaja-Semlja .	70°-73°				
Ostküste	. . .	— 9,45	— 20,27	2,0	22,27
Westküste . . .	. . .	— 8,37	— 19,05	3,6	22,65

Ort.	Breite	Mittlere Temperatur			Unterschied.
		Jahr	Winter	Sommer	
Jakuzk	62°,1′	— 9,7	— 42,5	16	58,5
Fort Entreprise . (Nordamerika)	64°,28′	— 9,2	— 31,27	15	46,27
Nain (Labrador) .	57°,10′	— 3,6	— 18,5	7,8	26,3
Enontekis . . . . (Lappland)	68°,30′	— 2,7	— 17,6	12,8	30,4
Beresow (Obi) .	63°,54′	— 3,0	. . . . .	18,0	
Tobolsk	58°,13′	— 2,4			
Nord-Cap . . . . (Mageroe)	71°,10′	+ 0,1	— 4,6	6,4	11
Uleaborg . . . . . (Finnland)	65°,3′	+ 0,7	— 11,1	14,3	25,4
Slatoust (Sibir.)	55°,8′	+ 0,3	— 16,5	16,1	32,6
Irkuzk	52°,16′	— 0,2	— 17,9	16,0	33,9
Cumberland-House (Saskatschawan)	53°,57′	0	— 19,8	19,68	39,48
Eyafiord . . . . . (Island)	66°,30′	+ 0,2	— 6,2	7,7	13,9
Reikiavig	64°,8,	3	— 3	9,7	12,7
Moskau	55°,45′	3,8	— 11,4	18,5	29,9
Faröer Inseln . .	62°,2′	7,1	+ 3,9	11,6	7,7
Unst (Shetland J.)	60°,45′	7,5	4,07	11,92	7,85
Bergen	60°,24′	6,7	2,2	14,8	12,6
Königsberg	54°,43′	6,5	— 3,3	15,9	18,2
Novo-Archangelsk (Sitkha Ins.)	57°,3′	7,4	+ 0,7	12,7	12,0
Fort Howard . . (Michigan See)	44°,4′	6,9	— 7,2	20,6	27,8
Montreal	45°,31′	6,4	— 8,1	20,6	28,7
Halifax	44°,39′	6,2	— 4,4	17,2	21,6
Dublin	53°,21′	9,6	+ 4,0	15,3	11,3
London	51°,31′	9,8	3,2	16,7	13,5
Haarlem	52°,23′	10,0	2,9	17,0	14,1
Trier	49°,46′	9,8	1,8	17,8	16,0
Frankfurt	50°,7′	9,8	1,4	18,3	16,9
Würzburg	49°,48′	10,0	0,7	19,1	18,4
Prag	50°,5′	9,8	— 0,2	19,9	20,1

Ort	Breite	Mittlere Temperatur			Unterschied.
		Jahr	Winter	Sommer	
Ofen	47°,30′	10°,4	— 0,4	21,2	21,6
Odessa	46°,29′	9,1	— 2,3	20,1	22,4
Fort George . . . (am Columbia)	46°,1′	9,3	+ 3,7	15,5	11,8
Council Bluffs . .	41°,25′	10,0	— 4,6	23,6	28,2
Boston (Massach.)	42°,21′	9,6	— 1,4	21,0	22,4
St. Louis . . . . (Missouri)	38°,36′	12,9	+ 0,3	24,0	23,7
Cincinnati (Ohio)	39°,6′	12,4	+ 0,5	22,8	22,3
Neu-York	40°,43′	12,1	— 1,2	26,2	27,4
Nantes	47°,13′	12,6	+ 4,4	20,0	24,4
Mailand	45°,28′	12,9	2,4	22,8	20,4
Padua	45°,24′	12,5	1,7	23,1	21,4
Neapel	40°,51′	15,3	8,7	22,8	14,1
Palermo	38°,7′	17,2	11,1	22,6	11,5
Lissabon	38°,42′	16,6	11,4	21,6	10,2
Natchitoches . . . (Louisiana)	31°,30′	20,2	11,9	28,4	16,5
Santa Cruz de Teneriffa. . . .	28 ,28′	21,6	18,1	24,8	6,7
Cairo	30°,2′	22,2	14,7	29,3	14,6
Macao	22°,11′	22,5	15,2	28,2	13,0
St. Augustine . . (Florida)	29°,50′	22,3	15,3	28,2	12,9
Havannah	23°,9′	25,2	22,0	28,5	6,5
Veracruz	19°,12′	25,4	21,6	27,7	6,1
Benares	25°,19′	25,4	17,0	30,4	13,4
Calcutta	22°,35′	25,8	19,5	28,5	9,0
Madras	13°,5′	27,8	25,0	30,1	5,1
Trinconomale . . (Ceylon)	8°,34′	27,1	25,7	28,4	2,7
Cumana	10°,28′	27,4	26,2	29,1	2,9
Maracaybo . . .	10°,34′	29,3	27,8	30,4	2,6

Die große Verschiedenheit der äußersten Temperatur-gränzen, so wie der der Winter- und Sommertemperatur

an verschiedenen Puncten der Erde, je nachdem sie mehr oder weniger weit vom Ocean entfernt liegen, hat zu der Unterscheidung des Continental- oder Binnen-Klima's vom Insel- (auch Küsten-) Klima geführt. Die Temperatur einer Insel muß durch Vermittlung der Luft mit der des umgebenden Meeres um so näher übereinstimmen, je geringer ihr Umfang ist und je weiter größere Ländermassen entfernt liegen. Man vergleiche z. B. den Unterschied der mittleren Sommer- und Wintertemperatur von Teneriffa mit dem von Cairo; den der Faröer Inseln mit dem von Königsberg oder Moskau; den von Island oder Mageröe (Nord-Cap) mit dem von Irkuzk; den von Dublin mit dem von Prag u. s. w. Man überzeugt sich leicht, daß sich das Binnen-Klima in allen Breiten um so deutlicher ausspricht, je tiefer die Orte im Innern des Festlandes liegen. Doch bemerkt man, daß die Westküsten der Continente an dem Insel-Klima mehr Antheil nehmen als die Ostküsten. Diese Erscheinung tritt wenigstens in den nördlichen Theilen, sowohl des alten wie des neuen Continentes deutlich hervor.

Erst aus der Kenntniß der mittleren Sommer- und Wintertemperatur eines Landstriches erhält man ein richtiges Urtheil über den Grad seiner Bewohnbarkeit und Kulturfähigkeit, so wie über den ganzen Charakter desselben. In Bombay, Pondichery und der ganzen Küste Coromandel, auf der Insel Ceylon, diesen so ungemein fruchtbaren und durch den üppigsten Pflanzenwuchs bekannten Ge-

genden, die bei einer mittleren Jahrestemperatur von 27° zu den wärmsten der Erde gehören, sind gleichwohl die Sommermonate nicht heißer, ja häufig milder, als im nördlichen Indien, als in Mittel-Ägypten, als in Louisiana, wo doch die mittlere Jahrestemperatur weit niedriger ist. Diese hohen Sommertemperaturen machen es möglich, daß die Baumwolle, eine Pflanze die ursprünglich der tropischen Zone angehört, auch in vielen Gegenden weit außerhalb der Wendekreise mit Vortheil gebaut werden kann; wie in den südlichen Staaten von Nordamerika, in Ägypten, Kleinasien und selbst an den südlichsten Küsten von Europa. Auf der Südküste der Insel Island ist die mittlere Jahrestemperatur nicht niedriger als in Petersburg, der Winter wenig kälter als in Odessa. Gleichwohl sind die isländischen Bauern wegen der kühlen Sommermonate fast ausschließlich auf die Viehzucht beschränkt und die dortigen sogenannten Wälder sind ein niedriges verkrüppeltes Birkengestrüppe. Auf den Faröer Inseln, wo es im Winter wärmer ist als in Mailand, auf der Insel Sitcha an der russisch-amerikanischen Küste, auf den Falklandsinseln herrscht dieselbe mittlere Temperatur wie in Danzig, und eine höhere als in Königsberg. Aber während die östlichen preußischen Provinzen von einer ziemlich dichten und starken Ackerbau treibenden Bevölkerung besetzt sind, kann auf jenen Inseln nur noch dürftig Gerste gezogen werden, die übrigens selbst bei 8° mittlerer Sommertemperatur noch reifen kann. Es herrschen zwar dort keine strengen Winter, da-

gegen fehlt dem Sommer die zum Reifen der meisten Kulturgewächse erforderliche Wärme. Am Nord-Cap gedeihet selbst die Gerste nicht mehr, und die Birke, welche etwas südlicher unter 70° N. B. noch angetroffen wird, verschwindet. Auf derselben Isotherme in der Umgebung der Factorei Cumberland-House und in der Nähe des Winipegsees im Innern von Nordamerika ist der Boden nach den Versicherungen englischer Reisender mit Waldungen bedeckt, fruchtbar und ganz geeignet zum Getreidebau. Selbst bei Jakuzk, bei — 9°,7 mittlerer Jahrestemperatur und — 42°,5 Mittel der Wintermonate, fehlt es nicht an Waldungen und alle Gewächse, die nur eines kurzen aber heißen Sommers bedürfen, wie Sommerweizen und Roggen, kommen dort fort, weil die mittlere Sommerwärme (ungeachtet des in der Tiefe von drei Fuß beständig gefrornen Bodens) 16° beträgt und also derjenigen von Stockholm und Königsberg gleichkommt. In Nowaja-Semlja herrscht dieselbe mittlere Jahrestemperatur wie in Jakuzk. Gleichwohl ist diese Insel völlig unbewohnbar und entblößt von Pflanzenwuchs, weil das Mittel der Sommertemperatur 2°,5 nicht übersteigt. Der wärmste Tag im Jahre hatte an der Westküste nur 11°,9 und an der noch kälteren Ostküste nur 7°,6. — Es giebt in Sibirien noch viel nördlicher als Jakuzk und bei noch niedrigerer mittlerer Jahrestemperatur kleine Städte. So hat Ustjansk, ein Städtchen an der Mündung der Jana, bei — 16°,4 Jahresmittel eine mittlere Sommertemperatur von 9°,2, und also beträchtlich wärmere Sommer als das

unter gleicher Breite liegende europäische Nord-Cap, dessen mittlere Jahrestemperatur 0°,1 beträgt.

Man sieht, daß die unwirthbarsten Gegenden der Erde nicht diejenigen sind, in welchen die mittlere Temperatur die niedrigste ist, sondern diejenigen, in welchen die zum Wachsthum der Pflanzen nothwendige Sommerwärme fehlt.

Die nördlichsten festen Wohnsitze der Menschen und die letzten Spuren des Anbaues gehen in Sibirien bis über den 70° N. B. hinaus, während sie in Amerika noch nicht bis zum Polarkreise reichen. Die verschiedenen durch den hohen Norden von Nord-Amerika sich verzweigenden Meerbusen und Wasserstraßen, welche sämmtlich im Winter zufrieren, können eben so wenig, wie die überaus zahlreichen Landseen im Innern, zur Milderung der Winterkälte wesentlich beitragen, während sie gleichwohl keine hohe Sommertemperatur aufkommen lassen. Denn die ganze Sommerzeit geht darüber hin und reicht oft nicht aus, um eine 9—10 Fuß dicke Eisdecke, womit sich während des Winters alle Wasserbecken überzogen haben, wieder aufzuthauen. Die Temperatur der Luft kann sich daher nicht weit von 0° entfernen und wärmere, durch südliche Winde zugeführte Luft, wird schnell auf die Temperatur des Meeres abgekühlt. Nach Scoresby friert das Meer in heiteren, windstillen Nächten schon bei ganz geringer Erniedrigung der Lufttemperatur unter 0. Die Temperatur des Meerwassers unter dem Eise fand Roß selbst mitten im Winter nicht niedriger als —2°,8 C.

Bei beginnendem Winter muß die Nähe des Meerwassers, so wie die bei der Eisbildung frei werdende Wärme die fortschreitende Abkühlung allerdings um etwas verzögern, allein dieser Einfluß hört auf, so wie sich eine feste Eisrinde gebildet hat, was in den den Norden Amerikas begränzenden Meeren bereits gegen Ende Septembers und Aufang Octobers statt findet. Alle Bedingungen eines Continentalwinters treten dann in Kraft und müssen natürlich auch zu einem gleichen Erfolge führen. So erklärt es sich, daß die Inseln und Halbinseln im Nordosten von Amerika, nächst Nowaja-Semlja und Spitzbergen, die unwirthbarsten auf der nördlichen Halbkugel, nichts mehr als einige Moose und spärliches Gras hervorzubringen vermögen. Auf der Winterinsel unter 66° N. B. fand Parry das Mittel der Sommertemperatur 2°; auf der Insel Igloolik sogar nur 1°,8. In Boothia fand Roß 3°,1 und nur einmal erhob sich das Thermometer auf 16°,7.

Man hat versucht, die Orte gleich kalter Winter und eben so die Orte gleich warmer Sommer durch Linien zu verbinden, und hat die ersteren Isochimenen, die letzteren Isotheren genannt. Die Isochimenen gehen von der Westküste Europas in das Innere des Festlandes südlich. Z. B. die Faröer, Aberdeen, Edinburg, London, Paris haben gleiche mittlere Wintertemperatur. Die Isotheren steigen auf ihrem Zuge nach Osten etwas nördlich. So haben die Städte: Nantes, Paris, Frankfurt, Dresden, Berlin, Moskau, Kasan, Beresow nahe gleiche Sommertemperatur.

Der Unterschied des Binnen- und Insel-Klima's tritt jedoch nicht bloß in der Verschiedenheit der Winter- und Sommertemperatur hervor, sondern in gleichem Grade auch in den Gegensätzen des Tags und der Nacht. So lange man diese nicht kennt, bleibt das Bild der klimatischen Verhältnisse eines Landes unvollendet, jedes Urtheil über die Verbreitungsgränzen der Thiere und Pflanzen unsicher und schwankend. Z. B. im Süden von England, in Belgien und den Niederlanden ist es bei ungefähr gleicher oder doch wenig verschiedener mittlerer Sommertemperatur lange nicht so heiß als im Rheingau und in der Pfalz, weil hier die heißeren Tage mit kälteren Nächten abwechseln. In der Bretagne und Normandie sind die Nächte weniger kalt, dagegen die Tage weniger warm als in den Landstrichen südlich von Nantes, Paris, Rheims, Luxemburg, Trier.

Dieser Umstand erklärt, warum der Weinbau, der eine mittlere Jahrestemperatur von nur 9°, aber einen warmen und langen Sommer verlangt, in Frankreich wenig nördlich von der durch die genannten Städte bezeichneten Linie aufhört, während die Feige, die bei 9° mittlerer Temperatur gar nicht mehr fortkommt, aber zur Reife keiner so großen Hitze bedarf als die Traube, in der Normandie gedeihet und sehr verbreitet ist. In Deutschland erstreckt sich der Weinbau beträchtlich weiter nach Norden als in Frankreich, im Allgemeinen über 50° N. B. hinaus, und an einzelnen Puncten des östlichen Deutschlands sogar bis nahe $52\frac{1}{2}$° N. B. Aber freilich

reifen die Trauben nur in günstigen Jahren, d. h. in solchen, die viele warme Tage und besonders heiße Septembertage auf Unkosten kühlerer Nächte bieten; denn im Allgemeinen ist das Mittel der Sommertemperatur von einem Jahre zum andern nur wenig verschieden. Tiefer im Innern des alten Continentes, in Rußland und Asien, erhebt sich der Weinbau nicht wieder bis zu 50° N. B. und scheint sich sogar in Asien beträchtlich tiefer zu senken. Es fehlt in den Ländern nördlich vom 50sten Grade zwar nicht an den heißen Sommertagen, aber der Sommer ist zu kurz und besitzt im September, gerade in der Zeit, da die Traube zu reifen beginnt, nicht mehr die nöthige Tageswärme. Auch kann der Rebstock die Kälte des Continentalwinters nicht ertragen. Die tropische Hitze ist dem Wachsthum der Rebe eben so wenig förderlich. Sie gedeiht daher im Allgemeinen nicht innerhalb der Wendekreise.

Großer Überfluß an Wasser in einem Lande, zahlreiche Landseen, Sümpfe und Moorgründe, ausgedehnte Waldungen, in denen die atmosphärischen Gewässer zurückgehalten und allmählig auf dem Wege der Verdunstung in der Luft zerstreut werden, äußern einen Theil des Einflusses der Meere, indem sie die Winterkälte mildern und dafür die Wärme des Sommers erniedrigen. Durch Austrocknen der Sümpfe und Aushauen der Wälder wird der Abfluß des Wassers beschleunigt und zugleich ein größerer Theil der Bodenfläche der unmittelbaren Einwirkung der Sonne ausgesetzt; die Temperaturgränzen

des Tages wie des Jahres rücken mehr und mehr auseinander; die Sommer werden wärmer, die Winter kälter, ohne daß eine Änderung in der Gesammteinwirkung der Sonne eingetreten zu sein braucht. Die allmählige Umwandlung des Klima's vieler seit Jahrtausenden bewohnter Gegenden wird hierdurch vollkommen erklärt. So ist nicht zu bezweifeln, daß Ägypten, wäre es mit Waldungen bedeckt, häufigere Regen als jetzt und ein weit milderes Klima haben würde *). Die Temperaturgränzen, welche jetzt zwischen 9° und 47° schwanken, würden sicherlich näher zusammenrücken; der Weinbau würde vielleicht wieder zu demselben Ansehen gelangen, welches er dort vor 3000 Jahren genossen haben soll.

Gleiche Ursachen mögen in Cypern und in Griechenland, in Syrien und in den jetzt dürren Hochebnen Kleinasiens und Persiens eingewirkt und die frühere

*) In Ober-Ägypten, erzählt der Marschall Marmont, fiel noch vor 80 Jahren ziemlich häufig Regen; seitdem aber die Araber die Bäume auf den Bergen an der Gränze des Nilthals, gegen Libien und Arabien hin, umhieben, haben die Regen aufgehört und die Wiesen sind verdorrt. In Unter-Ägypten hat man die umgekehrte Erscheinung beobachtet. In Cairo regnete es noch zu Anfang dieses Jahrhunderts sehr selten; in Alexandrien nach Marmont's Zeugniß, vom November 1798 bis Ende August 1799 nur ein einzigesmal eine halbe Stunde lang. Seitdem hat der Pascha viele Millionen Bäume anpflanzen lassen. Als Folge soll sich ergeben haben, daß man jetzt 30—40 Regentage jährlich hat, und daß es im Winter oft 5—6 Tage hinter einander regnet.

Milde des Klima's, so wie einen Theil der früheren Fruchtbarkeit zerstört haben. Die nachtheiligsten Folgen hatte ohne allen Zweifel die Rücksichtslosigkeit in der Behandlung und die allmählige fast gänzliche Ausrodung der Wälder, wodurch eine der hauptsächlichsten Bedingungen entfernt wurde, von welchen die Feuchtigkeit des Bodens und der Luft, neben der Sonne die wichtigsten Hebel der Fruchtbarkeit, abhängig ist.

Auch von Deutschland nimmt man an, daß es früher ein anderes und zwar ein rauheres Klima besessen habe als jetzt. Gewichtige Gründe sprechen für diese Ansicht. Deutschland bildete noch zu den Römerzeiten fast einen einzigen zusammenhängenden Wald.

Es wimmelte von Sümpfen, die Luft war feucht. Viele Pflanzen, wie die Kastanie, die Rebe, die feineren Obstsorten und vielleicht auch manche Getreidearten, die einer kräftigen Sommerwärme bedürfen, konnten vor 2000 Jahren an denselben Orten nicht fortkommen, an welchen sie jetzt gedeihen, seitdem durch Lichten der Wälder der Abfluß des Wassers befördert, das Übermaß der Feuchtigkeit entfernt und dadurch das Klima gebessert, die Fruchtbarkeit erhöht wurde. Wollte man aber fortfahren, die noch immer zahlreichen Waldungen, womit die Gebirge und viele Ebnen Deutschlands bedeckt sind, zu zernichten, so müßten Bäche und Flüsse während des Sommers mehr und mehr austrocknen, weil die feuchten Niederschläge des Winters und Frühjahrs einen noch rascheren Abzug fänden. Die Regengüsse des Sommers würden sich mit der stei-

genden Sommerwärme wahrscheinlich vermindern und mit der Feuchtigkeit des Bodens und der Luft müßte auch die Fruchtbarkeit abnehmen. Man erkennt hieraus, daß es keine unrichtigere und zugleich keine trostlosere Vorstellung geben kann, als die: die allmählige Änderung des Klima's und die Abnahme der Fruchtbarkeit eines Landes, als die unausbleiblichen Folgen des langen Bewohntseins und der Abnutzung des Bodens zu betrachten, da sie doch überall, wo sie eintraten, in der That nur aus der Unkunde natürlicher Verhältnisse hervorgegangen sind und bei einem richtigeren Staatshaushalte, und besonders durch umsichtige Gesetze gegen Waldverwüstungen vermieden werden konnten.

Zwölfter Vortrag.

Von den Strömungen der Meere.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß das Wasser des Weltmeers in bedeutender Tiefe überall, selbst unter dem Äquator, eine dem Gefrierpunct nahe kommende Temperatur besitzt. Dieser niedrige Wärmegrad kann nicht von einer Einwirkung des Meeresgrundes abhängen, da dieser, nach allem was über die Wärmebeschaffenheit der inneren Erdmasse bekannt ist, wohl eine Erhöhung, aber keine Erniedrigung der Temperatur des Wassers in der Tiefe zu bewirken vermag, und da in der That das

Wasser am Grunde der Landseen und der südlichen Binnenmeere auch keine so niedrige Temperatur besitzt. Man erklärt die Erscheinung aus einer fortwährenden Strömung des kalten Wassers aus den Polargegenden nach dem Äquator hin.

Das folgende sehr bekannte physikalische Experiment giebt Aufschluß über die Art dieser Bewegung: Ein Glasgefäß werde mit Wasser gefüllt, dem man einige feine Staubtheile eingemengt hat, dann vom Boden aus erwärmt. Aus der Bewegung der Staubtheile wird man bald erkennen, daß in der Wassermasse entgegengesetzte Strömungen entstehen. Warmes Wasser erhebt sich vom Boden in der Mitte des Gefäßes und breitet sich an der Oberfläche aus, während das kältere und folglich schwerere an den Wänden des Glases niedersenkt. Ähnliche Strömungen müssen in allen Wasserbecken und auch in den Weltmeeren entstehen, wenn verschiedene Stellen ihrer Oberflächen ungleich erwärmt werden.

Das in den Polargegenden erkaltete Wasser sinkt unter und bewegt sich von den Polen aus gegen den Äquator, indem es wärmeres und leichteres von dem Grunde der Meere verdrängt, um nach Maßgabe, wie es sich selbst erwärmt, wieder dem später nachdringenden kälteren Wasser zu weichen. Dieser fortdauernde Abfluß aus den kalten Zonen wird auf zweierlei Weise ersetzt. Das heiße Wasser der tropischen Meere, da es das leichteste ist, muß sich nördlich und südlich an der Meeresoberfläche ausbreiten und wird so mit allmählig abnehmender Tem-

peratur bis in die Polargegenden geführt. Zugleich findet aber auch zwischen den Wendekreisen die kräftigste Verdunstung statt und ein großer Theil der gebildeten Dämpfe wird erst in höheren Breiten als Regen und Schnee wieder niedergeschlagen.

Die vom Äquator gegen die Pole gerichtete Strömung des Wassers an der Oberfläche und die entgegengesetzte Bewegung in der Tiefe der Weltmeere erhält durch die Axenumdrehung der Erde eine veränderte Richtung. Es ist einleuchtend, daß wir die stetig fortdauernde von West nach Ost gehende Umdrehung der Erde um ihre Axe nur deshalb nicht empfinden, weil alle an demselben Orte vereinigte Körper gleichmäßig daran Theil nehmen müssen. Nun ist aber die Umdrehungsgeschwindigkeit unter verschiedenen Parallelkreisen nicht gleich, sie nimmt ab vom Äquator nach den Polen hin. Unter der Breite von 60° z. B. beträgt sie ungefähr 700 Fuß auf die Sekunde, während sie unter dem Äquator 1400 Fuß beträgt. Würde daher ein Körper aus jener Breite, mit der dort herrschenden Geschwindigkeit plötzlich an den Äquator versetzt, so müßte er hinter den daselbst bereits befindlichen Körpern, die eine Geschwindigkeit von 1400 Fuß besitzen, zurückbleiben, und auf den Beobachter würde es denselben Eindruck machen, als ob jener Körper sich von Ost nach West mit 700 Fuß Geschwindigkeit bewegte. Gelangte umgekehrt ein Körper mit der Äquatorialgeschwindigkeit unter irgend höhere Breite, so müßte er allen dort befindlichen Körpern in der Richtung von West nach Ost voreilen.

Es ist hieraus ersichtlich, daß alles Meerwasser, das von den Polen gegen den Äquator strömt, ein Bewegungsrichtung von Ost nach West, und alles vom Äquator gegen die Pole strömende Wasser allmählig eine Bewegung von West nach Ost annehmen muß.

Ungleichheit der Temperatur ist übrigens nicht die einzige Ursache, durch welche Strömungen des Meerwassers herbeigeführt werden. Wir machen überall die Erfahrung, daß die Winde das Wasser aufregen und seinen Wellenschlag vermehren, daß durch heftige Stürme der Lauf der Flüsse gehemmt, das Meer zu bedeutender Tiefe aufgewühlt werden kann. Muß man also nicht erwarten, daß anhaltende Winde, wenn auch von mäßiger Stärke, dem Meere eine Bewegung in der Richtung ihres Zuges einzuprägen streben?

Dieß gilt nun vorzugsweise von den beständigen Ostwinden der tropischen Zone und den in höheren Breiten vorherrschend wehenden Westwinden, deren Wirksamkeit sich also mit derjenigen der ungleichen Erwärmung vereinigt, um das Wasser der tropischen Meere nach Westen, und das der gemäßigten Zone nach Osten zu treiben. Endlich bewirkt auch die Ebbe und Fluth, deren Bewegung von Osten nach Westen geht, eine Strömung des Meerwassers in gleicher Richtung, welche zu der im Allgemeinen westlichen Strömung der tropischen Meere beitragen mag.

Am genauesten sind die Meeresströme im atlantischen Ocean untersucht worden. Die Bedingungen ihrer Ent

stehung und Richtung treten bei denselben sehr deutlich hervor, obschon die letztere durch die Gestaltung der Küsten und wohl auch des Meeresgrundes wesentliche Veränderungen erleidet. Nahe dem Äquator und dicht an der afrikanischen Küste beginnt der mächtige Äquatorialstrom. Er besitzt hier, südlich von den Inseln St. Thomas und Annabon eine Geschwindigkeit von 10 geographischen Meilen in 24 Stunden und eine Temperatur von 23°. Rasch an Masse zunehmend und auf beiden Seiten des Äquators mehr und mehr sich ausbreitend, fließt er fast genau westlich gegen die Küsten von Südamerika. In der Mitte zwischen beiden Continenten wendet sich ein Ast desselben gegen Nordwesten und verliert sich bei immer zunehmender Ausdehnung in die Breite gegen den 20sten Breitegrad hin.

Der Hauptstrom geht westlich weiter. An der Ostspitze von Südamerika (Cap Roque) spaltet er sich in zwei Arme. Der eine, der südliche, bespült die Südostküste und wendet sich zwischen dem Wendekreis des Steinbocks und der Ausmündung des La Plata, außerhalb der Gränze der beständigen Ostwinde allmählig nach Südosten. Seine Spuren lassen sich südöstlich vom Cap der guten Hoffnung noch weit in den indischen Ocean hinein verfolgen. Der nördliche Arm des Äquatorialstromes verfolgt die Nordostküste von Südamerika, dabei unter dem Einflusse der tropischen Sonne seine Temperatur fortwährend erhebend. Seine Geschwindigkeit hat sich jetzt bis zu 17 geographischen Meilen auf 24 Stunden vermehrt und steigt durch

die sich mit ihm vereinigenden Gewässer des Amazonenstroms bis nahe 25 Meilen (6,5 Fuß auf die Sekunde). Sie vermindert sich aber bald wieder bei seinem Eindringen in das caraibische Meer. Dieses in seiner ganzen Breite langsam durchströmend, gelangt er durch die Straße von Yucatan in den mexicanischen Meerbusen, wo ein Theil desselben sogleich um Cuba herumbiegt, die Hauptmasse aber so ziemlich die Küstenbiegungen des Meerbusens verfolgt und endlich zwischen Florida und Cuba unter dem Namen des Golfstroms ausmündet. Er fließt anfangs mit sehr geringer Breite um die Halbinsel Florida herum und begleitet mit einer Geschwindigkeit von 17—20 Meilen die Küste, erst in rein nördlicher, dann in nordöstlicher Richtung. In der Breite von Washington entfernt er sich, seine nordöstliche Richtung beibehaltend, ganz von der amerikanischen Küste; seine Gewässer südlich von der St. Georgsbank und der Bank von Neufundland mehr und mehr in den atlantischen Ocean bis zu den Azoren hin ausbreitend.*) Bei dieser Inselgruppe wendet er sich wieder südlich gegen die afrikanische Küste hin.

Der Golfstrom besitzt, so lange seine Gewässer längs der amerikanischen Küste zusammengehalten sind, eine Wärme von 28°. Aber selbst unter 36° N. B. fand Sa-

*) Mancherlei Reste tropischer Gewächse, sogar zwei Leichname von Indianern, welche gegen Ende des 15ten Jahrhunderts an den azorischen Inseln angeschwemmt wurden, haben bekanntlich wesentlich beigetragen, Christoph Columbus in seiner Ansicht von dem Vorhandensein eines westlichen Landes zu bestärken.

bine zu Anfang December 23°,3, während das Meerwasser außerhalb des Stromes nur 16°,9 zeigte. Unter 40°—41° N. B. hat nach Humboldt das Wasser innerhalb des Stroms 22°,5, außerhalb 17°,5.

Ein großer Theil dieses warmen Wassers wird, theils wohl vermöge seiner natürlichen Bewegungsrichtung, hauptsächlich aber durch die vorherrschenden West- und Nord-West-Winde gegen die Küsten von Europa *) und sogar weiter bis über Spitzbergen und Nowaja-Semlja hinausgetrieben. So gelangt ein Theil der Wärme des Südens bis tief in das nordöstliche Eismeer. An den Nordküsten des alten Continentes findet man daher stets Treibholz aus südlichen Gegenden stammend, und das Meer hält sich nach dieser Seite hin, einen großen Theil des Jahrs bis über 80° N. B. hinaus frei von Eis, während an der gegenüberliegenden Ostküste von Grönland, das Eis selbst im Sommer nicht mehr ganz aufthauet. — In den beiden diese Halbinsel begränzenden Meeren bemerkt man eine von Norden nach Süden gehende Strömung kalten Wassers, die auf der Seite der Grönländischen Ostküste bis nach Spitzbergen und in der Baffinsbai bis in die Barrowstraße verfolgt worden ist. Diese beiden Strömungen bilden den einzigen an der Oberfläche wahrnehmbaren Abfluß der Gewässer des Eis-

*) Zweimal, in den Jahren 1682 und 1684, sind Eskimos, durch Stürme von ihren Küsten verschlagen, durch diese östliche Strömung in ihren armseligen Fahrzeugen von Seehundsfellen an die orkadischen Inseln getrieben worden.

meers. Ihre Temperatur wurde bei Neufundland im Mai um 7° niedriger als die Luftwärme gefunden, denn sie führen im Frühjahr große Massen Treibeis mit sich, welches aus dem Polarmeere zwischen Grönland und Spitzbergen, so wie aus der Baffinsbai und von der Küste Labrador oft bis nahe zum 40. Breitegrade herabgetrieben wird und erst im Golfstrome verschwindet. Die großen Eismassen, welche sich im Winter an allen Küsten des nördlichen Amerika bis zu 50° N. B. herab ansetzen und die Binnenmeere ausfüllen, die dann einen großen Theil des Frühsommers an den Küsten herabtreiben, während die gegenüberliegenden, von vergleichungsweise warmen Meeresströmen bespülten Küsten Europas selbst im Winter größtentheils frei von Eis bleiben, bilden eine Hauptursache der großen klimatischen Verschiedenheit der europäischen Küstenländer, verglichen mit denen des östlichen Nordamerikas unter gleicher Breite.

Die Zuflüsse des Äquatorialstroms sind nicht bloß Unterströme, d. h. er schöpft seine Fluthen nicht bloß aus der Tiefe der Meere. Es ist schon oben erwähnt worden, daß der Golfstrom bei den Azoren wieder eine südliche Richtung gegen die afrikanische Küste hin nimmt. Eine ähnliche südliche Bewegung des Meerwassers ist aber auch schon zwischen den Azoren und der Küste von Portugal bemerkbar. Sie hält sich stets an der Küste von Afrika und gewinnt gegen die Inseln des grünen Vorgebirgs hin mehr und mehr an Stärke. Weiter südlich biegt sich diese Strömung mit der Küste und fließt der Küste von Guinea

entlang mit bedeutender Schnelligkeit gerade von Westen nach Osten, so daß hier zwei starke Ströme neben einander sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. Die Temperatur des Guinea-Stroms ist in Folge der vom Festlande her wehenden heißen Nordostwinde um einige Grade höher als die des Äquatorialstroms, in welchen jener erst unmittelbar an der afrikanischen Küste übergeht. Ein zweiter, von Süden kommender Zufluß des Äquatorialstroms bringt ihm kälteres Wasser. Derselbe kommt aus dem indischen Ocean, wo er in westlicher und südwestlicher Richtung auf beiden Seiten der Insel Madagascar gegen die Südspitze von Afrika fließt, um das Cap der guten Hoffnung herum biegt, sich nördlich wendet und, mehr und mehr eine westliche Richtung nehmend, sich allmählig in dem Äquatorialstrom verliert. Das südliche atlantische Meer über 40° S. B. wird nicht wie die Europa begränzenden Meere durch warme Strömungen erwärmt, dagegen ist es überall dem freien Zutritte der kalten Gewässer des südlichen Eismeers und während der Sommermonate dem Einflusse des Treibeises ausgesetzt. Der südlichste Theil von Amerika, Feuerland, die Falklands-Inseln, Süd-Georgien, Sandwichland und andere Inseln des südlichen Oceans besitzen daher eine sehr merklich niedrigere Temperatur als europäische Küsten und Inseln unter gleicher Breite. Man vergleiche z. B. die Temperatur der Falklands-Inseln und von Port Famine in der Maghellansstraße mit der von Dublin unter naher gleicher Breite.

	Breitegrad	Mitteltemperatur des Winters,	des Sommers,	des Jahrs.
Dublin	53°21′ N.	4°,0	15°,3	9°,6
Port Famine	53°38′ S.	0,6	10°,0	5,3
Falklands-Inseln	52° S.	4,36	11,8	8,24
Faröer-Inseln	62°,2′ N.	3,9	11,6	7,1

Das Klima der Falklands-Inseln ist, wie man sieht, wenig von dem der Faröer verschieden, ungeachtet diese um 10° weiter vom Äquator entfernt liegen. Es ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß wir diese auffallend günstigeren klimatischen Verhältnisse der Küstenländer des nördlichen Europa nur dem warmen Wasser verdanken, welches durch die Meeresströmungen, hauptsächlich durch den Golfstrom in dem nordöstlichen atlantischen Meere verbreitet und durch die Gestaltung des Festlandes bis in das Eismeer vorzudringen genöthigt wird. Fände der Äquatorialstrom zwischen Nord- und Südamerika einen Abfluß in das stille Meer, anstatt, wie es jetzt der Fall ist, genöthigt zu sein die ganze Masse seines im caraibischen Meere und dem Busen von Mexico erhitzten Gewässer in den nördlichen atlantischen Ocean auszugießen, so würde die Wärme der Küsten von Frankreich und Deutschland, von Großbritannien und Scandinavien ohne allen Zweifel um einige Grade herabsinken.

In den großen europäischen Binnenmeeren kommen ebenfalls regelmäßige, deutlich hervortretende Strömungen vor. So hat die Ostsee einen regelmäßigen starken Abfluß durch den Sund in die Nordsee. Man muß hieraus schließen, daß ihre Wasserfläche durch Ver

dunstung nicht so viel verliert, als sie durch die zahlreichen bedeutenden Zuflüsse gewinnt. Im Mittelmeere dagegen, über dessen Wasserspiegel die häufigen Sündwinde einen Theil der Wärme absetzen, welche sie in dem glühenden Sandmeere der afrikanischen Wüste aufgenommen haben, ist die Verdunstung so stark, daß das aus den einmündenden Flüssen und selbst aus dem schwarzen Meere durch die Enge von Constantinopel und den Hellespont zuströmende Wasser zum Ersatze nicht hinreicht. Man bemerkt daher eine das ganze Jahr über fortdauernde Zuströmung aus dem atlantischen Ocean. Früher glaubte man, daß der Einströmung an der Oberfläche eine Ausströmung in der Tiefe entspreche. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die beiden die Meerenge von Gibraltar bildenden Küsten durch ein an manchen Stellen bis nahe zur Oberfläche emporsteigendes Felsenriff verbunden sind, während die Meere auf beiden Seiten der Enge eine sehr große Tiefe besitzen. Überdieß wird jene Vermuthung durch die Thatsache widerlegt, daß das Mittelmeer sowohl an der Oberfläche wie in der Tiefe eine höhere Temperatur besitzt als der benachbarte Theil des Oceans. Diesem beständigen Zuflusse ist es wohl beizumessen, daß das Mittelmeer einen etwas höheren Salzgehalt besitzt als der atlantische Ocean, dessen Salzgehalt in allen Breiten fast absolut gleich gefunden worden ist. Die Ostsee enthält aus dem umgekehrten Grunde weniger Salz als der Ocean.

In dem stillen wie in dem atlantischen Meere bemerkt

man eine westliche Strömung, welche sich durch die ganze Breite der tropischen Zone von den Küsten Amerikas bis zu denen Neuhollands und des südasiatischen Inselmeers erstreckt. Der bekannteste ihrer Zuflüsse ist der Peruanische Strom kalten Wassers, der aus dem südlichen Eismeer in den großen Ocean eindringt, sich in der Breite von Chiloe in östlicher Richtung gegen die amerikanische Küste bewegt und dort in einem nördlichen und südlichen Arm spaltet. Der letztere fließt bis zum Feuerland der Küste entlang und um das Cap Hoorn in das atlantische Meer. Der nördliche Arm bewegt sich mit großer Geschwindigkeit *) längs der Küsten von Chili und Peru und breitet sich erst in der Nähe des Äquators in westlicher Richtung aus. Er besitzt überall eine, vergleichungsweise zur Breite auffallend niedrige Temperatur, wodurch das im Allgemeinen gleichförmige und gemäßigte Klima der Küsten von Chili und Peru eine genügende Erklärung findet. So ist die mittlere Temperatur in Callao, dem Hafen von Lima, unter 12° S. B. nur 20°; dagegen in Rio Janeiro unter fast 23° S. B., aber an der Westküste von Südamerika gelegen 23°,2. Zu Anfang November fand Humboldt bei Callao, bei einer Lufttemperatur von 22°,7 die Temperatur des Meeres innerhalb der Strömung nur

*) Begünstigt durch diesen Strom, gehen die Schiffe in 8—9 Tagen von Valparaiso nach Callao, und in 1—5 Tagen von Callao nach Guayaquil, während sie für den Rückweg oft eben so viele Wochen brauchen.

15°,5, während sie außerhalb 26°—28°,5 betrug. Selbst ganz in der Nähe des Äquators, nachdem die Richtung des Stroms schon rein westlich geworden ist, übersteigt seine mittlere Temperatur nicht 20°,5. Sie erhebt sich aber nach und nach, während der westlichen Fortbewegung zu 27°—28°.

An der westlichen Gränze des stillen Meers theilt sich die Äquatorialströmung desselben in mehrere Äste. Ein Theil ihrer Gewässer scheint längs der Ostküste von Neuholland südlich zu fließen, ein großer Theil ergießt sich durch die Kanäle des südasiatischen Inselmeers in den indischen Ocean; der Rest wendet sich an den Gränzen des chinesischen Meers nordöstlich, bespült die Ostküste der Japanischen Inseln und breitet dann sein warmes Wasser unter dem Einflusse nordwestlicher Winde in dem nördlichen Theile des großen Oceans aus. Der Japanesische Strom vertritt also für das nördliche stille Meer gleichsam die Stelle des Golfsstroms des atlantischen Meers; auch äußert er einen ähnlichen, jedoch unter weniger günstigen Verhältnissen, *) nicht gleich mächtigen Einfluß auf das Klima der Westküsten des gegenüberliegenden Continentes. Das folgende Beispiel zeigt den Vorzug der Westküste vor der Ostküste von Nordamerika, so wie den Vorzug Europas vor beiden.

*) Der Japanesische Strom besitzt bei weitem nicht die Mächtigkeit des Golfstroms, auch muß seine Temperatur, da er nur aus dem nördlichsten Theile des Äquatorialstroms hervorgeht, viel geringer sein.

Ort.	Breite.	Mittlere Temperatur		
		Winter:	Sommer:	Jahr:
Sitcha . . . . (Russ. Amer.)	57°,3′	+ 0°,7	12°7	7°,4
Nain . . . . (Küste Labrad.)	57°10′	— 18,5	7°,8	— 3,6
Aberdeen . . .	57°9′	+ 3,9	15,3	9,6

Die Ostküsten des nördlichen Asiens besitzen eine merklich höhere Temperatur als die Ostküsten Nordamerikas unter gleicher Breite. Jene werden nicht wie diese von einem aus dem Eismeer kommenden Strome getroffen, vielmehr geht ein Theil der von Japan kommenden nordöstlichen Strömung durch die Behringsstraße und ist noch weiterhin an der Nordküste von Amerika wahrgenommen worden.

Außer den regelmäßigen, im Allgemeinen immer nach derselben Richtung gehenden Meeresströmungen giebt es auch periodisch wiederkehrende, d. h. solche, die einen gewissen Theil des Jahrs nach einer, einen andern Theil nach anderer Richtung fließen. So bemerkt man zwischen Neu-Guinea und der Inselgruppe der Carolinen eine Meeresströmung die vom April bis zum October östlich, vom October zum April westlich geht, ganz entsprechend den in denselben Perioden dort herrschenden Winden. Ähnliche periodische Strömungen trifft man im chinesischen Meere, im indischen Ocean u. s. w. Überall tritt ihre Abhängigkeit von der Windesrichtung aufs Deutlichste hervor. Dasselbe gilt für viele ganz unregelmäßige Meeresströme die mit den Winden entstehen und wieder verschwinden.

Die Kenntniß der periodischen Ströme ist, gleich wie die der regelmäßigen, von großer Wichtigkeit für die Schifffahrt. Für das Studium des Klimas und der Wärmevertheilung auf der Erde haben sie aber nicht die Bedeutung, welche vorher von den Äquatorialströmungen so wie ihren Zu- und Abflüssen nachgewiesen wurde.

Dreizehnter Vortrag.

Von den Winden.

Die Winde sind Strömungen in der Luft von ganz ähnlicher Art wie die der Gewässer in den Flüssen und Meeren. Jede Störung des Gleichgewichtes in benachbarten Luftmassen, eine vermehrte Dichtigkeit und folglich ein vergrößerter Druck auf der einen Seite, oder verminderte Dichtigkeit auf der andern, bewirkt sogleich eine Bewegung von Seite der dichteren gegen die dünnere Luft; gleich wie das Wasser in Bewegung gesetzt wird, wenn es von einer Seite einen stärkeren Druck erleidet als von der andern. Die gewöhnlichste und allgemeinste Ursache solcher Störungen des atmosphärischen Gleichgewichtes ist: Ungleichheit der Erwärmung. Dieselbe Ursache, worauf der Zug bei unseren Lampen, der Verbrennungsproceß in unseren Öfen, die Auslüftung unserer Wohnungen beruht, wir finden sie wieder als die Triebkraft der kleinsten wie der mächtigsten Luftströme,

welche die Atmosphäre bewegen und die Luft aus allen Himmelsstrichen vermengen.

Es ist schon früher dargethan worden, daß die Luft ihre Wärme zunächst hauptsächlich von dem Boden empfängt, daß die erwärmte und dadurch ausgedehnte Luft sich erhebt und daß nur auf diesem Wege die Wärme des Bodens auch in höheren Schichten der Atmosphäre verbreitet wird. Nun erwärmt sich aber der Boden nicht allenthalben gleich stark. Lage und Breite haben, wie wir wissen, einen sehr großen Einfluß hierauf. Hierzu kommt, daß bei gleicher Menge der einfallenden Wärme gewisse Stoffe in höherem Grade als andere die Fähigkeit besitzen, die Sonnenstrahlen zu verschlucken; wieder andere lassen sie tiefer eindringen und nehmen aus dem einen oder dem andern Grunde eine verschiedene Temperaturhöhe an. So herrscht zur Tageszeit im Schatten der Bäume, Häuser und Wolken, über feuchten Wiesen, Wäldern und Wasserflächen gewöhnlich eine niedrigere Temperatur als auf trocknem Boden, über Steinmassen, Dächern und ebnen Landflächen. Die Luft, welche sich über den wärmsten Stellen des Bodens am schnellsten erhebt, wird durch andere von kühleren Stellen andringende wieder ersetzt, und so entstehen die Luftbewegungen, die man am Saume der Wälder, im Schatten der Bäume, vor dem Ausgange schattiger Gebirgsthäler und in diesen Thälern selbst, am Ufer der Flüsse und Seen, am Strande der Meere gewöhnlich wahrnimmt.

Es ist unmöglich, daß die Luft aus einer Gegend

nach einer andern hinströmen kann, ohne nicht durch eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung, z. B. durch eine Gegenströmung in höhern Schichten der Atmosphäre wieder ersetzt zu werden. Als erläuterndes Beispiel dieses Verhaltens dient der folgende Versuch: Zwischen einem mit kalter und einem andern mit warmer Luft erfüllten Zimmer werde eine Thüre eben geöffnet. Man halte ein brennendes Licht an die Spalte, nach und nach in verschiedenen Höhen; man wird bemerken, daß die Flamme unten aus dem kalten in das warme, oben aus dem warmen in das kalte Zimmer getrieben wird und an irgend einer Stelle, nahe der Mitte des Spaltes ruhig fortbrennt. Man erkennt hieraus deutlich zwei Strömungen übereinander und in entgegengesetztem Sinne. — Wird in einem kalten Zimmer ein Ofen rasch und stark erhitzt und über der warmen Ofenfläche ein Stück Papier verbrannt, so empfindet man den davon entstehenden Geruch an der kältesten Wand, etwa am Fenster, früher als in der Mitte des Zimmers. Mehrere Thermometer an verschiedenen Stellen des Zimmerraums vertheilt, zeigen noch deutlicher, daß die am Ofen erwärmte Luft sich unmittelbar zur Decke des Zimmers erhebt, längs dieser nach den Seitenwänden, besonders den Fenstern, hinfließt, allmählig erkaltet, sich senkt und so nach und nach bis an den Boden gelangt, wo sie oft 5° — 6° und mehr kälter ist als an der Decke. Auf dem Boden strömt sie gegen den Ofen hin, um hier erwärmt, sich von Neuem zu erheben.

Ganz ähnlich ist der Vorgang im Freien; überall,

wo benachbarte Strecken der Erdoberfläche eine ungleiche Temperatur besitzen und dieselbe der darüber schwebenden Luft mittheilen. An jedem heißen Sommertage haben wir daher an den Stellen des Bodens, welche am stärksten erhitzt sind, aufsteigende Luftströme, welche mit der Wärme des Bodens zugleich die Feuchtigkeit entführen, an den kühleren Stellen aber, wie über den Gewässern und Wäldern, wieder herabsinken. Einen recht bezeichnenden Beleg dafür geben die periodischen Land- und Seewinde (die Brisen), welche an vielen Küsten bei Tage vom Meere gegen das Land, Nachts vom Lande gegen das Meer wehen. Wenn bei Tage das Land sich stärker erwärmt als die See, so wird die Luft über dem Lande in die Höhe steigen, die kältere Seeluft unten zuströmen. Über der See fällt die in der Höhe abgekühlte Luft wieder herab. In der Nacht kühlt sich das Land stärker ab als die Oberfläche des Wassers; diese wird endlich wärmer, die Luft strömt vom Lande nach der See, weil jetzt die Seeluft die leichtere ist und folglich aufsteigt.

Dove vergleicht diesen Kreislauf dem eines gedrehten Rades. Ist die Temperatur gleich, so steht es, wird sie ungleich, so dreht es sich, zuerst nach der einen Seite hin, dann nach der entgegengesetzten. Es steht zweimal täglich still, wenn die eine Drehung in die andere übergeht.

Land- und Seewinde entstehen in höheren Breiten nur während der Sommermonate; in den südlicheren

Himmelsstrichen sind sie aber eine ganz regelmäßige Erscheinung und deshalb von großer Wichtigkeit für die Schifffahrt. Der Seewind erhebt sich Morgens einige Zeit nach Sonnenaufgang, nimmt an Stärke zu bis Nachmittags 2—3 Uhr und dann allmählig wieder ab. Um die Zeit des Untergangs der Sonne tritt völlige Windstille ein. Bald darauf erhebt sich der Landwind, wehet mit zunehmender Stärke den größeren Theil der Nacht hindurch und verschwindet erst gegen Morgen.

Diese wechselnden Luftströme zeigen sich zwischen den Wendekreisen an allen Küsten, selbst an denen der kleinsten Inseln, und sie treten täglich mit der größten Regelmäßigkeit ein, wenn sie nicht durch andere vorherrschende Winde verdeckt oder aus ihrer Richtung abgelenkt werden. Die Land- und Seewinde sind meistens nur auf geringe Entfernung von dem Meeresufer fühlbar. An einigen lang gestreckten Küsten, z. B. an der von Peru, reicht jedoch ihr Einfluß sehr weit in das Meer hinaus.

In dem heißesten Gürtel unserer Erde erhebt sich über Land und Meer ein ununterbrochener Strom warmer Luft, der durch Zufluß von unten wieder ersetzt werden muß und dadurch eine Bewegung kälterer, aus höheren Breiten abstammender Luft von beiden Seiten gegen den Äquator hin bewirkt. Die aufgestiegene warme Luft fließt dann in den höheren Schichten der Atmosphäre auf beiden Seiten gegen die Pole zurück, senkt sich bei allmähliger Abkühlung während ihres Fortschreitens und gelangt so in mittleren und höheren Breiten endlich

auf die Erde zurück. Es ist ein Kreislauf ähnlicher Art wie der, welchen nur in viel kleinerem Maßstabe die Land- und Seewinde bieten.

In der tropischen Zone trifft man daher in den unteren Schichten der Atmosphäre, diesseits und jenseits des Äquators Polarwinde (Winde, die in der Richtung von den Polen gegen den Äquator strömen), also auf der nördlichen Erdhälfte nördliche, auf der südlichen Erdhälfte südliche Winde, die jedoch aus einem gleich näher zu erläuternden Grunde während ihres Vorrückens eine mehr und mehr östliche Richtung annehmen. Dieß sind die bekannten Passatwinde.

In den höheren Schichten der Atmosphäre herrschen Äquatorialwinde (Winde, deren allgemeine Richtung vom Äquator gegen die Pole geht), welche jedoch während ihres Vorrückens eine mehr und mehr westliche Richtung annehmen. Man nennt sie die oberen oder die zurücklaufenden Passate.

Da, wo der nördliche und der südliche untere Passat zusammentreffen, liegt eine Gegend in welcher nur ein schwacher Ostwind weht, der überdieß häufig ganz verschwindet und mit den heftigsten Stürmen abwechselt. Dieß ist die von den Seefahrern so gefürchtete Region der Windstillen (Calmen). In dieser Gegend, es ist die heißeste der Erde, erheben sich die von der Richtung der Pole zufließenden und während ihres Vorrückens durch immer heißere Himmelsstriche mehr und mehr er-

wärmten Luftströme zu der beträchtlichen Höhe von wenigstens 20,000 Fuß, denn den oberen Passat hat noch kein Reisender, selbst nicht auf den höchsten Gipfeln der Anden, erreicht. Gleichwohl erkennt man das Dasein desselben an den kleinen weißen Wölkchen, die man zuweilen in der Höhe gegen die Richtung des unteren Passats ziehen sieht. Noch deutlicher hat man schon mehrmals die Spur desselben aus der vulkanischen Asche erkannt, die er unmittelbar nach vulkanischen Ausbrüchen mit sich führte. So bei dem schon früher erwähnten Ausbruche des Coseguina (am 20. Januar 1835); die Flugasche wurde damals in nordöstlicher Richtung in dem mexicanischen Meerbusen bis nach Jamaika geführt und gleichzeitig in südwestlicher Richtung in das stille Meer getrieben, wo in ungefähr 240 geographischen Meilen Entfernung von dem Vulkane ein Aschenschauer das Schiff Conway erreichte. Der Aschenauswurf war also mit der aufsteigenden Luft theils in nördlicher, theils in südlicher Richtung fortgerissen worden.

An der Gränze der tropischen Zone fließt der obere Passat schon viel tiefer; man erreicht ihn z. B. auf dem Pic von Teneriffa selbst im Sommer. Außerhalb der Sonnenwenden sinkt er allmählig, im Sommer in etwas höherer Breite als im Winter, bis zur Erdoberfläche herab, und giebt die Veranlassung zu dem in vielen Gegenden der gemäßigten Zone vorherrschenden Südwest-Winde.

Die Passatwinde, und zwar insbesondere die des

atlantischen Oceans sind, wie man aus der Entdeckungsgeschichte von Amerika weiß, seit Columbus erster Reise bekannt. Sie erregten damals wegen ihrer unausgesetzten Dauer nicht geringe Besorgnisse bei den spanischen Seeleuten, welche glaubten, dieser beständige Ostwind werde ihre Rückkehr nach Europa erschweren. Der berühmte Astronom Halley hat schon im Jahr 1685 eine befriedigende Erklärung derselben gegeben, indem er bewies, daß die Luftströme nach ihren Hauptrichtungen, nämlich von Nord (N.) nach Süd (S.) und von Süd nach Nord, nur auf einer ruhenden Erde den Mittagslinien parallel würden gehen können, daß aber diese Richtungen durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe eine sehr wesentliche Veränderung erleiden müssen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit eines beliebigen Punctes der Erdoberfläche nimmt zu und ab mit der Größe des Parallelkreises, auf welchem dieser Punct liegt. Sie nimmt zu von den Polen an, wo sie Null ist, bis zur Mittellinie, wo sie am größten ist und 1427 Fuß jede Secunde beträgt.

Zur Zeit der Windstille hat die Luft keine andere Bewegung als die, welche sie mit andern Erdkörpern theilt; sie besitzt die Drehungsgeschwindigkeit des Ortes über welchen sie sich befindet. Geht aber Wind, d. h. hat die Luft, neben der ihr als Erdkörper zukommenden noch eine andere ihr eigne Bewegung, so kann sich die Richtung derselben nur in einem Falle von der Umdrehung um die Erdaxe unabhängig erhalten; in dem Falle nämlich, wenn es ein reiner Ostwind oder ein reiner

Westwind ist, oder anders gesagt, wenn seine Richtung den Parallelkreis, worin er entstanden ist, nicht verläßt, weil dann die Puncte der Oberfläche, zu welchen der Luftstrom gelangt, genau dieselbe Drehungsgeschwindigkeit besitzen, wie diejenigen, welche er verlassen hat.

Fließt aber die Luft in der Richtung von den Polen gegen den Äquator, so kommt sie (man werfe den Blick auf einen Erdglobus) von Orten kleinerer nach Orten größerer Drehungsgeschwindigkeit. Z. B. unter dem 30sten Grad der Breite beträgt die Drehungsgeschwindigkeit eines Punctes an der Oberfläche der Erde 1229 Fuß, unter dem 29sten Grad ist sie schon 13 Fuß größer, unter dem 28sten Grad 25 Fuß größer geworden. Luft, die vom 30sten zum 29sten Grad strömt, dabei aber ihre anfängliche Umdrehungsgeschwindigkeit (die des 30sten Grads) beibehält, dreht sich also, unter dem 29sten Grad angekommen, zwar immer in demselben Sinne wie die Erde, d. h. von West (W.) nach Ost (O.), jedoch um 13 Fuß langsamer, unter dem 28sten Grad angekommen, um 25 Fuß langsamer als der Boden unter ihr; sie scheint daher für den Beobachter, der ihr Zurückbleiben als Widerstand fühlt, gleich wie hinsichtlich ihrer Einwirkung auf alle Körper, die an der Bewegung des Bodens Theil nehmen müssen, in entgegengesetzter Richtung, nämlich von Ost nach West zu fließen. Die Geschwindigkeit in östlicher Richtung, welche die Luft auf diese Weise gewinnt, wird zwar durch die mannichfaltigen Widerstände an der Erdoberfläche zum Theil wieder zerstört, und selten besitzt

deßhalb der untere Passat eine Geschwindigkeit von mehr als 15 Fuß. Dennoch muß die ursprünglich polare Richtung der Bewegung in die östliche um so mehr übergehen, je größer der Unterschied der geographischen Breite des Ortes, von welchem aus die Luft ihre Bewegung gegen den Äquator begonnen hat, bis zu demjenigen, an welchem dieselbe beobachtet wird.

Man wird hiernach vollkommen begreiflich finden, warum auf der nördlichen Halbkugel Winde, die als Nordwinde entstehen, bei dem allmähligen Fortrücken nach Süden durch Nord-Ost immer mehr in Ost übergehen müssen; warum ferner auf der südlichen Halbkugel Winde, die als Südwinde entstehen, bei allmähligem Fortrücken nach Norden durch Süd-Ost, gleichfalls mehr und mehr in Ost übergehen müssen.

Luftströme, die in der Richtung vom Äquator gegen die Pole gehen, müssen sich gerade umgekehrt verhalten. Sie gelangen aus Gegenden größter Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde (an welcher sie Theil nehmen) in höhere Breiten, d. h. in Gegenden geringerer Umdrehungsgeschwindigkeit, und müssen folglich mehr und mehr, je weiter sie sich vom Orte ihres Ursprungs entfernen, der Bewegung des Bodens von West nach Ost voreilen. D. h. überall, wo sie auftreten, scheinen sie aus einer westlichen Richtung zu kommen.

Auf der nördlichen Erdhälfte geht daher ein südlicher Wind bei seinem Fortrücken allmählig immer mehr durch Süd-West in West über.

Auf der südlichen Erdhälfte geht ein nördlicher Wind bei seinem Fortrücken allmählig immer mehr durch Nord-West in West über.

So erklärt es sich, daß zwischen den Wendekreisen überall östliche, in höheren Breiten, da nämlich, wo sich der zurücklaufende Passat bis auf die Erdoberfläche herabgesenkt hat, westliche Winde vorherrschen, ungeachtet die ersteren bei ihrer Entstehung als Polarwinde, die letzteren zuerst als Äquatorialwinde auftreten. Diese Westwinde, da sie vorzugsweise in den oberen Regionen entstehen, wo sie durch Widerstände nur wenig aufgehalten werden, haben deßhalb gewöhnlich eine viel größere Geschwindigkeit als die Ostwinde, die man nur in den unteren Luftschichten antrifft.

Die Passatwinde auf dem atlantischen Ocean sind den Seefahrern am genauesten bekannt. Ihre Gränzen erstrecken sich auf beiden Seiten des Äquators um mehrere Grade über die Wendekreise hinaus. Der Nordost-Passat weht zwischen 9° und 27° N. B., doch so, daß sowohl die nördliche wie die südliche Gränze im Sommer um 2—3 Grade hinaufrückt und im Winter sich etwas unter die angegebnen Breiten senkt. Die Sommergränze des Nordost-Passats liegt demnach etwas nördlich von den canarischen Inseln und schließt in Amerika die Staaten von Florida und Georgien ein.

Der Südost-Passat herrscht zwischen 3° N. B. und 25° S. B., doch ebenfalls mit kleinen durch die Stellung der Sonne herbeigeführten Schwankungen. Auch der

Gürtel der Windstillen zwischen dem Nordost- und Südost-Passat, dessen Breite etwa 5°—6° beträgt, bleibt nicht an derselben Stelle, sondern rückt mit der Sonne im Sommer gegen Norden und senkt sich im Winter, doch so, daß er im atlantischen Ocean stets nördlich vom Äquator bleibt.

Die Passatwinde beginnen bereits im Innern von Afrika und erstrecken sich, wahrscheinlich in Folge der größeren Ländermasse und der heißen Sandwüsten des nördlichen Afrika, so wie wegen der warmen Gewässer des atlantischen Äquatorialstroms, mehr auf der Nordseite als auf der Südseite des Äquators. Auf dem Festlande von Südamerika lassen sie sich bis an die Gebirgskette der Anden verfolgen.

Die Passate des großen Oceans erscheinen erst in beträchtlicher Entfernung von den amerikanischen Küsten, von wo aus sie das ganze Jahr über regelmäßig strömen, und zwar nördlich vom Äquator bis zu den Philippinen, südlich bis zu der Küste von Neuholland. Sie sind gleichförmiger wie die des atlantischen Meers auf beiden Seiten des Äquators vertheilt, schließen aber wie diese eine Region der Windstillen ein, deren mittlere Gränzen ein paar Grade nördlich und eben so weit südlich vom Äquator liegen.

Im indischen Ocean weht südlich vom Äquator zwischen Neuholland und Südafrika der Südost-Passat mit derselben Regelmäßigkeit wie in den beiden andern großen Meeren. Im nördlichen Theile dieses Oceans

trifft man aber den Nordost-Passat, der dort Nordost-Mousson genannt wird, nur im Winter, innerhalb der Monate October bis April, während von April bis October der Wind mit derselben Beständigkeit in entgegengesetzter Richtung bläst. Man nennt ihn den Südwest-Mousson. Beide regelmäßigen Winde gehen im Herbst und Frühjahr durch Windstillen, wechselnd mit den heftigsten Orkanen, in einander über.

Der Grund dieses zweimaligen jährlichen Wechsels liegt in der eigenthümlichen Vertheilung von Land und Meer in jenem Theile der Erde. Das indische Meer ist, wie man weiß, im Norden nur von Land begränzt, das sich größtentheils tief in die tropische Zone erstreckt und folglich im Sommer eine weit höhere Temperatur annehmen muß, als das angränzende, wenn auch dem Äquator näher liegende Meer. Die Hauptrichtung des Luftstroms im Laufe des Sommers ist daher nördlich und bildet durch die abnehmende Umdrehungsgeschwindigkeit bei zunehmender Breite einen Südwestwind. Während des Winters ist das Übergewicht der Temperatur auf Seite des Meers. Die Windverhältnisse des indischen Oceans bilden daher in dieser Jahreszeit keine Ausnahme von der allgemeinen Regel.

Unsere Kenntnisse über die Gesetze der Winde hatten seit Halley bis in die neueste Zeit nur geringe Fortschritte gemacht, bis Dove seit etwa 20 Jahren durch eine lange Reihe mühesamer Untersuchungen die Theorie der Winde vervollständigt und durch Aufstellung und Begrün-

dung des von ihm sogenannten Drehungsgesetzes gezeigt hat, daß die Erscheinung der Passate und die weit verwickelteren Windverhältnisse der gemäßigten und kalten Zone, nothwendige und einfache Folgen derselben physikalischen Grundbestimmungen sind.

Befindet sich ein Beobachter auf der nördlichen Erdhälfte ganz in der Nähe der Gegend, wo die Anregung zur Entstehung eines Nordwindes beginnt, wo z. B. von dem durch die Sonne erwärmten Boden, Ströme warmer Luft aufsteigen, und dadurch ein Zufluß von der kühleren Nordseite bedingt wird, so wird er die Windfahne anfangs genau in der Richtung von Norden nach Süden sich stellen sehen. Wenn aber die Ursache dieser Luftbewegung fortdauert, so wird mehr und mehr die Luft aus höheren Breiten daran Theil nehmen müssen. Die an dem Beobachtungsorte nach und nach aus immer weiterer Entfernung, d. h. immer weiter von Norden her, ankommende Luft wird daher eine immer geringere und geringere Umdrehungsgeschwindigkeit besitzen; sie wird mehr und mehr eine östliche Richtung der Bewegung annehmen. Wenn also die Ursache eines Nordwindes anhaltend ist, so muß die Windfahne aus N. sich durch N. O. allmählig nach O. drehen.

Ein Wind, der bei seiner Entstehung am Beobachtungsorte als reiner Südwind erscheint, wird, wenn er fortdauert, mehr und mehr die Luft aus niederen, dem Äquator näher liegenden Breiten herbeiziehen und muß sich daher durch S. W. allmählig nach W. drehen.

Wenn der Nordwind allmählig in Ostwind, oder der Südwind in Westwind übergegangen ist, so muß er in Folge der Widerstände des Bodens sehr bald seine von der des Bodens unter ihm verschiedene Bewegung verlieren und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde in der Breite annehmen, in der er sich gerade befindet. D. h. es tritt Windstille ein.

Dauert jedoch die Ursache fort, welche vorher die Erzeugung des Windes veranlaßte, so müssen sich dieselben Erscheinungen wie früher wiederholen. D. h. der Ostwind wird durch Windstille in einen Nordwind zurückspringen, der dann durch N. O. allmählig wieder in Ostwind übergeht. Der Westwind wird durch Windstille in einen Südwind zurückspringen, der sich dann allmählig wieder nach Westen dreht.

Wenn daher in der nördlichen Erdhälfte Polarströme und Äquatorialströme mit einander abwechseln, so dreht sich der Wind im Mittel im Sinne S. W. N. O. S. durch die Windrose, und zwar springt er zwischen S. und W., oder zwischen N. und O. häufiger zurück, als zwischen W. und N. oder zwischen O. und S. Denn das erstere Zurückspringen deutet nur auf eine Fortdauer der erregenden Ursache, während das letztere einen Wechsel in der Ursache der Erregung anzeigt.

Durch eine ähnliche Reihe von Betrachtungen läßt sich nun leicht einsehen, daß wenn in der südlichen Hälfte der Erdkugel Polarströme mit Äqautorialströmen abwechseln, der Wind sich im Mittel im Sinne S. O. N. W. S.

durch die Windrose dreht, und daß er zwischen N. und W. oder S. und O. häufiger zurückspringt als zwischen W. und S. oder zwischen O. und N.

Die Passatwinde bilden nur einen besonderen und zwar den einfachsten Fall dieses allgemeinen Verhaltens. Die Anregung zu ihrer Entstehung ist am thätigsten in dem Gürtel der Windstillen, wo unter dem Einflusse einer tropischen Sonne Ströme von warmer Luft und Wasserdampf sich erheben. Die ununterbrochene Fortdauer dieser Wirkung bedingt einen eben so ununterbrochnen Zufluß von Norden und Süden. Diese beiden Polarströme nehmen eine mehr und mehr östliche, und an der Erzeugungsstelle selbst, nämlich im Gürtel der Windstillen, eine rein östliche Richtung an, daher denn hier schwache Ostwinde mit Windstillen abwechseln; ganz so, wie es das Drehungsgesetz verlangt.

Um die allgemeine Gültigkeit dieses Gesetzes darzuthun hat aber Dove auch eine große Menge von Beobachtungen aus andern Weltgegenden gesammelt, und es läßt sich jetzt als ausgemacht ansehen, daß in den gemäßigten (und wahrscheinlich auch in den kalten) Zonen, wo südliche mit nördlichen Strömen fortwährend abwechseln, der Wind sich, als Regel in einem bestimmten Sinne, durch die Windrose dreht; in der nördlichen Halbkugel aber gerade im entgegengesetzten Sinne als in der südlichen.

Vierzehnter Vortrag.

Von den Winden. Fortsetzung.

Wenn zwei Winde in entgegengesetztem Sinne über oder neben einander her wehen, so muß zwischen beiden nothwendig ein allmähliger Übergang durch eine ruhende Luftschicht statt finden. *) Hat der eine Wind ein Übergewicht der Stärke gegen den andern, so wird er die ruhenden Lufttheile allmählig in seine Bewegung hineinziehen, Theile des entgegengesetzten, aber schwächeren Stromes werden zur Ruhe kommen, dann ebenfalls in die Bewegung des stärkeren Stromes gerissen, und so wird mehr und mehr der schwächere durch den stärkeren verdrängt. So z. B. verdrängt der aus der tropischen Zone zurücklaufende Südwestwind der oberen Regionen, da wo er rascher fließt, den an der Oberfläche wehenden Nordost-Strom und senkt sich dadurch nach und nach als der herrschende Wind bis auf die Erde herab; eben so werden seitwärts neben einander strömende nördliche und südliche Winde abwechselnd durcheinander verdrängt.

In dem nördlichen atlantischen und stillen Meere bildet der Südwest-Strom die bei weitem vorherrschende Windesrichtung, nicht bloß in den oberen Regionen, sondern auch an der Erdoberfläche. Dieselbe Richtung der

*) Man erinnere sich des Verhaltens der Lichtflammen an einer Thürspalte.

Luftbewegung dringt bald mehr bald weniger tief in das Innere der Continente ein. Es ist aber klar, daß die Luft nicht gleichzeitig unter allen Meridianen gegen Norden strömen kann. Herrscht daher in gewissen Theilen des Festlandes der Südwest-Strom, so muß daneben ein nördöstlicher Wind fließen.

Im Westen von Europa ist bekanntlich ebenfalls der Südwest-Wind vorherrschend; es ist der obere Passat des atlantischen Oceans, der im Sommer nördlich von den canarischen Inseln, im Winter, wenn der untere Passat mit der Sonne zurückweicht, mehr und mehr südlich auf die Merreshöhe herabkommt und dann theils sich wieder nach Süden zurückwendet, theils seinen nördlichen Lauf auf der Erdoberfläche fortsetzt. Zur Ausgleichung müssen daher im östlichen Europa und im nördlichen Asien nordöstliche Winde das Übergewicht haben, die während ihres fortdauerden Kampfes mit dem Südwest-Strome des atlantischen Oceans bald von diesem zurückgedrängt werden, bald ihrerseits bis zu dem äußersten Westen von Europa vorrücken. Zu einer befriedigenden Erklärung dieser häufigen Wechsel der Windesrichtung in allen Theilen Europas fehlt es bis jetzt an den erforderlichen Erfahrungs-Grundlagen.

Während des Kampfes zweier in entgegengesetzter Richtung neben einander fließender Winde kann die zwischen beiden befindliche Luftschicht in die Bewegung des vorwaltenden Stromes nicht mitgerissen werden, ohne zuvor eine Verdichtung zu erleiden. Hierdurch nun entsteht

neben der fortschreitenden Bewegung in der Richtung des Stroms eine Seitenbewegung der verdichteten Lufttheile winkelrecht gegen diese Richtung, d. h. die früher ruhenden oder beziehungsweise ruhenden oder vielleicht selbst entgegengesetzt bewegten Lufttheile an der Gränze des Stroms fließen in diesen Strom hinein, mit einer um so größeren Geschwindigkeit, je mehr sie zuvor verdichtet werden mußten, also je größer der Widerstand war den sie leisteten, bevor sie in die Bewegung nach der Hauptrichtung fortgerissen werden konnten. Der so gebildete Seitenstrom bringt aber seinerseits eine ähnliche Wirkung hervor. Er verdichtet die vor ihm liegenden, zwar an der Bewegung nach der Hauptrichtung Theil nehmenden, aber beziehungsweise zu seiner (Seiten-) Bewegung ruhenden Lufttheile, er wird dadurch fortwährend und immer in gleichem Sinne abgelenkt und muß daher eine drehende oder Wirbelbewegung annehmen. So entstehen die Wirbel überall, wo Winde durch irgend welche Ursache genöthigt werden aus verschiedenen Richtungen gegen einander zu blasen, oder wo starke Winde an ruhenden, z. B. zwischen Mauern, Häusern, Bergen eingeklemmten Luftschichten vorüberziehen. Befindet sich die ruhende oder beziehungsweise ruhende Luftschicht auf der rechten Seite des Stroms, so geht die Drehung im umgekehrten Sinne des Zeigers der Uhr. Befindet sich aber die ruhende Luftschicht links vom Strome, so beginnt sie sich in derselben Richtung wie der Zeiger der Uhr zu drehen.

Die Stürme sind nach einer bestimmten Hauptrich-

tung fortschreitende **Wirbelwinde.** Die Heftigkeit ihrer wirbelnden Bewegung, ihre Gewalt ist um so größer, je mehr der vorwaltende erzeugende Luftstrom mit Widerständen zu kämpfen hat und durch dieselben aufgehalten oder von seiner anfänglichen Richtung abgelenkt wird. Solche Widerstände sind aber nicht bloß entgegengesetzte Winde, es können eben so wohl entgegenstehende hohe Gebirgsketten sein.

Die durch ihre furchtbare Gewalt bekannten westindischen Orkane (Hurrikan, Tornado) entstehen da, wo die Passatzone in diejenige der Windstillen übergeht, sei es durch ein zeitweiliges Eintreten des Südost-Passats, der, nachdem er den Äquator überschritten hat, allmählig eine südwestliche Richtung anzunehmen strebt, in die Zone des Nordost-Passats, sei es durch ein Herabsenken und Eindringen des oberen, des zurücklaufenden in den unteren Passat. Der auf die eine oder andere Art erzeugte Südwest-Strom, indem er in den Nordost-Passat einzudringen sucht, wird durch den Widerstand desselben von seiner natürlichen Richtung gegen Nordost abgelenkt und genöthigt durch die westindischen Meere zu streichen. So lange er innerhalb der Passatzone bleibt, gehen die Wirbel nach dieser Hauptrichtung der Bewegung fast in gerader Linie vorwärts; so wie er aber die nördliche Gränze des Passats überschreitet und in die Region des Südwest-Windes eindringt, biegt er plötzlich nach Nordost um, breitet sich weit aus und verliert an Heftigkeit, weil der seinem Laufe gegen Nordost entgegengesetzte Widerstand,

nämlich der entgegenwehende Nordost-Passat, nunmehr aufhört.

Ähnlichen Bedingungen verdanken die Wirbelstürme im indischen Meere, beim Übergange des Nordost-Moussons in den Südwest-Mousson, so wie die Tyfoons des chinesischen Meeres ihre Entstehung und Richtung.

Im westlichen Europa kommen die Stürme gewöhnlich aus Südwest und werden durch den Kampf eines vorwaltenden Südwest-Stroms mit dem Nordost-Strome hervorgebracht. Aus der Art, wie sich die Stürme bilden, wird es erklärlich, warum während der Dauer eines Sturmes die Windfahne durch die ganze Windrose herumgerissen werden kann, warum auf heftige Windstöße oft plötzlich Windstille eintritt und dann wieder der Wind in entgegengesetztem Sinne bläst. Bei größerer Aufmerksamkeit bemerkt man bald, daß die Windfahne sich nicht ganz regellos dreht, sondern durch ihre Bewegung, z. B. auf der Südost-Seite des fortschreitenden Wirbels, eine Folge der Windesrichtung in dem Sinne Nord, Nordwest, West, Südwest anzeigt, ganz so wie es nach den vorhergehenden Erörterungen die Bedingungen der Entstehung eines Wirbels mit sich bringt; aber entgegengesetzt der Drehung, wie sie bei dem gewöhnlichen Verlaufe der Änderungen des Windes das von Dove entdeckte Drehungsgesetz verlangt.

Die furchtbare Kraft der Stürme kennt Jedermann. Wie häufig erlebt man, daß sie Bäume mit den Wurzeln ausreißen, Häuser erschüttern, Ziegeln und Schornsteine

herabstürzen, ja selbst ganze Dächer abheben und zuweilen eine Strecke Wegs fortführen. Die heftigsten Stürme erfährt jedoch der Seefahrer und der Bewohner der Meeresküsten, weil die freie Wirkung des Luftstroms auf dem Meere am wenigsten gehemmt ist. In der That fehlt es nicht an Beispielen, und zwar insbesondere in der tropischen Zone, daß durch die Wuth der Orkane Inseln und ganze Küstenstriche völlig verwüstet, ja in das Meer versenkt wurden; daß tausende von Häusern theils durch übertretende Wogen weggeschwemmt, theils umgestürzt wurden und eine Menge von Menschen unter ihren Trümmern begruben.

Diese Gewalt der Stürme erklärt sich aus der großen Geschwindigkeit ihres Fortschreitens. Man hat durch vergleichende Beobachtungen gefunden, daß heftige Orkane zuweilen 10 bis 12 geographische Meilen in der Stunde, d. h. 60 bis 80 Fuß in der Secunde, fortrückten. Die Geschwindigkeit ihrer wirbelnden Bewegung muß aber weit beträchtlicher sein. Es fehlt zwar bis jetzt noch an sicheren Hülfsmitteln dieselbe zu messen, doch läßt es sich nicht bezweifeln, daß Geschwindigkeiten von 150 Fuß vorkommen. Eine so rasche Luftbewegung aber, wo sie auf einen Widerstand trifft, übt gegen denselben einen Druck bis zu 32 Pfund auf den Quadratfuß Fläche. Die Gewalt, mit der der Wind auf Körper stößt, die demselben mit breiter Fläche entgegenstehen, läßt sich hiernach leicht ermessen.

Die Widerstände an der Oberfläche der Erde, indem

sie den Druck des Windes aufnehmen, vermindern allmählig seine Geschwindigkeit. In der Höhe, wo diese Ursache des Aufenthaltes fehlt, z. B. auf den Gipfeln hoher Berge, bemerkt man daher fast immer einen weit stärkeren Luftzug als in den Niederungen.

Die Luftbewegung in der Höhe ist deßhalb derjenigen an der Erdoberfläche stets voraneilend, und so kommt es, daß Änderungen in der Windesrichtung, daß das Eintreten von Stürmen auf hohen Bergen häufig schon mehrere Stunden und selbst Tage früher als in der Tiefe fühlbar werden. Wer hat z. B. nicht schon die Erfahrung gemacht, daß im Winter das mit dem Südwest-Wind eintretende Thauwetter in den höher gelegenen Theilen eines Landes zuerst empfunden wurde.

Die größere Geschwindigkeit des Windes in den höheren Regionen bewirkt daselbst eine Abnahme der Dichtigkeit und des Drucks der Luft aus ähnlichen Gründen, warum in schnell strömenden Flüssen und Bächen eine Senkung des Wasserspiegels von den Ufern gegen die Linie der stärksten Strömung hin entsteht. Starke Luftströme in höheren Regionen haben daher (vermöge des natürlichen Bestrebens nach Herstellung des Gleichgewichtes) zur unmittelbaren und beständigen Folge ein Aufsaugen oder Aufsteigen der niederen Luftschichten.

Eine Folge hiervon ist das bei heftigen Winden und Stürmen so gewöhnlich beobachtete Aufwirbeln leichter Theile, wie des Staubes und des Wassers.

Einfluß der Winde auf das Klima.

Die Winde sind das mächtigste Ausgleichungsmittel der Temperatur auf der Oberfläche der Erde. Überall, wo sie die Erdfläche berühren, nehmen sie die Temperatur an, welche sie daselbst vorfinden und tragen sie fort nach anderen Gegenden. So bringen die Polarströme (die von höheren nach niederen Breiten fließende Luft) Kühlung in die tropische Zone; die zurücklaufenden Passate, indem sie sich in höheren Breiten wieder auf die Erde herabsenken, setzen dort einen Theil der Wärme der heißeren Erdgürtel ab. Insbesondere auf den nördlichen, als den bewohnteren Theil der Erdkugel angewendet, ist es einleuchtend, daß überall da, wo nördliche Winde (Nord, Nordost, Nordwest) im mittleren Jahresdurchschnitte genommen, vorherrschen, die mittlere Jahrestemperatur herabgedrückt wird, daß dagegen in den Ländern der vorherrschenden Südwinde eine Mittel-Temperatur gefunden werden muß, höher, als die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen allein hervorzubringen vermöchte.

Daß die westlichen Küstenländer von Europa und Nord-Amerika im Allgemeinen eine höhere mittlere Temperatur besitzen als die Ostküsten von Nord-Amerika und Asien, ist eine Folge des Vorherrschens der Südwestwinde, welche die Wärme der Meere auf die benachbarten Küstengebiete übertragen. Die Küsten von Europa sind in dieser Beziehung wegen der bis über den Polarkreis hinaus vergleichungsweise hohen Temperatur des atlan

tischen Oceans vorzugsweise begünstigt. Bei den geringen Schwankungen der Meereswärme im Laufe des Jahrs müssen alle diese Länder an den Eigenthümlichkeiten des Seeklimas Theil nehmen. Die Winter sind milder, die Sommer weniger heiß, die feuchten Niederschläge häufiger als im Innern der Continente und an ihren Ostküsten.

Die in dem heißesten Erdgürtel über dem Meere aufsteigende Luft hat sich mit Feuchtigkeit gesättigt. Während ihres Rücklaufs nach Norden vermindert sich mit der Temperaturhöhe allmählig ihre Dampfcapacität (d. h. ihre Fähigkeit die ganze aufgenommene Dampfmenge zurückzuhalten), sie verliert daher in immer erneuerten Niederschlägen ihren Wassergehalt. Hierdurch entstehen die oft Tage und Wochen lang anhaltenden Regen, welche man Landregen nennt, welche die Winterkälte mildern, dagegen im Sommer Kühle herbeiführen, weil sie bei dichtem Gewölke die direkte Einwirkung der Sonne schwächen.

Über dem Meere kann sich die Südluft, nachdem sie sich herabgesenkt hat, nie weit von ihrem Feuchtigkeitspuncte entfernen. Ihr Wassergehalt nimmt aber ab, je tiefer sie in das Innere des Landes eindringt und je weniger das, was sie durch wiederholte Niederschläge verlor, durch neue Feuchtigkeitsaufnahme wieder ersetzt werden kann. Die Südwestwinde, wenn sie auch in das Innere der Continente eindringen, führen daher im Allgemeinen nur wenig Feuchtigkeit zu. Im Osten von Europa und im inneren Asien sind aber, wie schon früher bemerkt wurde, Nordost-Winde vorherrschend. Sie tragen die

Kälte des Nordens nach niederen Breiten und sind deßhalb wahrscheinlich die hauptsächlichste, wenn nicht die einzige Ursache der geringen mittleren Temperatur von Rußland und Sibirien. Dieser nördliche Strom bei allmähligem Vordringen in niedere Breiten erhöht fortwährend seine Temperatur und folglich auch seine Dampfcapacität; er wirkt austrocknend und bedingt bei anhaltend heiterem Himmel während der langen Sommertage eine starke Erwärmung, aber auch umgekehrt während der langen Winternächte und in Folge der nächtlichen Ausstrahlung eine starke Abkühlung des Bodens. Auch in den Westländern von Europa bemerken wir, daß strenge Kälte im Winter, trockne Wärme des Sommers bei gelinde kühlender Luft vorzugsweise mit dem nordöstlichen Strome eintreten.

Dove sagt hierüber: Wenn wir wahrnehmen, daß der Südwest durch West, Nordwest und Nord allmählig in Nordost umsetzt, so dürfen wir schließen, daß eine vielleicht lange anhaltende Regenzeit nun endlich vorüber ist. Die dichte Wolkenhülle verschwindet dann. Die Zeit des schönen Wetters beginnt wenn es Sommer ist, im Winter aber eine Frostperiode, bis nach kürzerer oder längerer Zeit der Südwest wieder von oben herabfällt und die Herrschfat gewinnt. Wenn es allmählig geschieht, d. h. ohne den Eintritt von Stürmen, so kehrt die Windfahne mit mäßigen Schwankungen, zuweilen auch in stetigem Übergange durch Ost, Südost und Süd nach Südwest zurück.

Der charakteristische Einfluß der feuchtwarmen Süd-

west-Winde ist in den Ebnen des mittleren Europas bis nach Ost-Preußen und Polen hin fühlbar. Im Süden und Südosten von Deutschland werden sie durch den Einfluß hoher Gebirgszüge früher ihrer Wärme und Feuchtigkeit beraubt. Die Eigenthümlichkeiten des Continentalklimas treten daher in Böhmen und Östreich auffallender als im übrigen Deutschland hervor. In einem noch weit auffallenderen Grade bewirken die scandinavischen Gebirge, welche vom äußersten Norden Europas sich zwischen Norwegen und Schweden herabziehen, einen Unterschied in den klimatischen Verhältnissen beider Länder. Denn während in ganz Norwegen bis zum Nord-Cap das Seeklima herrscht, bietet das nördliche Schweden und insbesondere Lappland das Bezeichnende des Continentalklimas: kältere Winter, wärmere Sommer bei größerer Trockenheit der Luft.

Ähnliche Verhältnisse machen sich in Nordamerika geltend. Eine mächtige Gebirgskette, deren Gipfel großentheils über die Schneegränze reichen, zieht vom Eismeer an, auf der linken Seite des Mackenzieflusses, und in einer Breiteausdehnung von 6—8°, fast gleichlaufend mit der Küste der Südsee. Dieses Gebirge unterbricht gänzlich den charakteristischen Einfluß der Seeluft, und so erklärt sich leicht, warum die westlichen Abhänge der Felsengebirge bis zur Meeresküste, bei weit geringeren Gegensätzen der Temperatur, eine höhere mittlere Wärme besitzen als der Osten von Nord-Amerika. West- und Südwestwinde sind zwar bis zu den östlichen Küsten hin vorherrschend, allein

da sie an den hohen Gebirgskämmen Wärme und Wassergehalt abgeben mußten, so sind sie im Allgemeinen trocken und bringen nur die Temperatur der ausgedehnten Ländermassen mit, über welche sie strömten. In Canada und in den vereinigten Staaten, mit Ausnahme der südlichen Provinzen, so weit diese unter dem Einflusse des Passates und des Golfsstroms stehen, trifft man daher überall heiße Sommer die mit sehr kalten Wintern abwechseln. An der Kälte der letzteren und an der im Allgemeinen niedrigen mittleren Temperatur von Nord-Amerika diesseits 35° N. B. und östlich vom Felsengebirge hat indessen auch die Beschaffenheit des hohen Nordens nicht geringen Antheil.

Die ganze Küste von Labrador und das sogenannte Ost-Mainland im Westen des niedrigen Gebirgszuges, der die in den St. Lorenzfluß und Busen sich ergießenden Gewässer von den in die Hudsonsbai fallenden trennt, ist eine öde Fläche von Felsen und Seen mit sehr weniger Dammerde an einzelnen Orten und wenigem niedrigem Gehölze. Erst auf der Südostseite des erwähnten Hochlandes gegen den St. Lorenzstrom und das atlantische Meer trifft man urbaren Boden und Kultur. Das Innere des Landes nördlich von den großen Seen und gegen das Felsengebirge hin ist gebirgig, von großen Flußthälern durchschnitten, des Anbaues fähig und mit Wäldern bedeckt. Allein die Abdachung dieses Hochlandes gegen das Eismeer und gegen die Hudsonsbai bildet fast nur eine dürre Ebne ohne urbaren Boden und daher sehr

dürftigen Pflanzenwuchs. Außer den zahlreichen Moosen kommen kaum andere Pflanzen fort, und Bäume sind fast nicht zu sehen. Der Nordwind streicht daher ungehindert durch diese unwirthbaren Gefilde, gleich wie über das im Winter zugefrorne Binnenmeer, Kälte und Trockenheit nach Süden verbreitend.

Ohne Schwierigkeit kann man sich jetzt Rechenschaft darüber geben, warum die niedrigsten mittleren Jahrestemperaturen, warum die kältesten Winter vorzugsweise in das Innere großer Ländermassen fallen müssen, warum die Lage gegen das Meer, warum die Richtung der Winde auf das Klima der Polarländer kaum weniger entscheidend ist, als die Schiefe der einfallenden Sonnenstrahlen und die Zeit ihrer Abwesenheit während des Winters. Auch ist es klar, daß in den kältesten Gegenden der Erde jeder Wind Wärme bringen muß und daß daher sehr hohe Kältegrade nur bei ruhiger Luft eintreten können.

Funfzehnter Vortrag.

Von der Luftfeuchtigkeit und den atmosphärischen Niederschlägen.

Die Feuchtigkeit ist, wie man weiß, neben der Wärme die Grundbedingung des Lebens und üppigen Gedeihens der Pflanzen und folglich der Bewohnbarkeit der Länder. Die Pflanzen vertrocknen, ihr Wachsthum wird zerstört, wenn ihnen im Sommer die Feuchtigkeit fehlt. Die la-

chenden Gefilde der Dauphiné, im Frühjahr mit dem schönsten Grün bedeckt, die Fluren des südlichen Italiens und Griechenlands verwandeln sich im Sommer, nachdem sie Monate lang des Regens entbehrten, großentheils in dürre Sandflächen. In vielen heißen Gegenden der Erde, wo das Wasser ganz oder fast ganz fehlt, ist der Boden unfruchtbar, gleich wie im hohen Norden und nur dürftig mit Pflanzen besetzt. So der weite unter dem Namen der Wüste Sahara bekannte Länderstrich, so ein großer Theil von Arabien und Persien.

Quellen und Flüsse vermögen nur an einzelnen Puncten, und nachhaltig gewöhnlich nur in der Nähe hoher Gebirgszüge, dem Boden das für den Pflanzenwuchs erforderliche Wasser zu bieten. So verdankt die Lombardei ihre ungemeine Fruchtbarkeit hauptsächlich der emsigen Sorge, womit die Bewohner nun schon seit Jahrhunderten die Alpengewässer über die ganze Landschaft zu verbreiten verstehen; so hängt die Fruchtbarkeit des von Wüsten umgebenen Nilthals nur von den Überschwemmungen des Flusses ab. Eben so ist das blühende Ansehen vereinzelter Flecke, der Oasen, inmitten der Wüsteneien von Afrika und Arabien, von den daselbst sprudelnden Quellen abhängig. Auch fehlt es nicht an Beispielen, und es sind deren früher mehrere angeführt worden, wo fleißige Menschen durch künstliche Aufschließung von Quellen dem Boden ihres Landes eine Fruchtbarkeit errangen, welche die Natur demselben versagen zu wollen schien.

Alles das sind jedoch, wie gesagt, nur Einzelerscheinungen. Die allgemeinste und wirksamste Quelle des für das Wachsthum der Pflanzen erforderlichen Wassers ist die Luftfeuchtigkeit, das Wasser, welches die Luft bald in größerer bald in geringerer Menge als Dampf mit sich führt.

Man kennt die Eigenschaft des Wassers zu verdunsten. Das Wasser in offnen Behältern sich selbst überlassen, nimmt, wenn es keinen Zufluß hat, allmählig an Masse ab und verschwindet endlich ganz; nasse Körper in die Luft gebracht trocknen aus. Überall verschwindet die Nässe des Winters und Frühjahrs, wenn in der wärmeren Jahreszeit das schöne Wetter einige Zeit anhält. Die Steine, von einem Sommerregen benetzt, die Pflanzen, vom Morgenthau bedeckt, werden gewöhnlich bald nach dem Eintritte des Sonnenscheins wieder trocken. Alles dieses Wasser zerstreut sich in der Luft, es verdunstet; d. h. es geht in den Zustand von Wasserdampf über.

Die Verdunstung nimmt nicht immer einen gleich raschen Verlauf. Man bemerkt leicht, daß derselbe von der Wärme und von dem Luftzuge wesentlich abhängig ist. Die Fähigkeit der Luft, Dampf in ihrem Raume aufzunehmen, ihre Dampfcapacität, vermehrt sich mit der Temperatur; darum fördert warme Luft die Verdunstung mehr als kalte Luft. In allen Fällen ist aber die Dampfmenge, welche ein gegebner Luftraum bei gegebner Temperatur aufzunehmen vermag, begränzt. Ist diese Gränze erreicht, so hört die Verdunstung auf, so lange bis die

mit Dampf erfüllte Luft entfernt und andere, trocknere an ihre Stelle getreten ist. Die freie atmosphärische Luft ist vielleicht nie ganz trocken, aber sehr selten enthält sie so viel Dampf als sie bei der bestehenden Temperatur aufzunehmen vermöchte. Aus diesem Grunde ist Luftzug ein Förderungsmittel der Verdunstung, und zwar ein um so wirksameres, je trockner und wärmer die Luft ist. Nasse Luft könnte nichts zur Dampfbildung beitragen, wenn sie auch noch so stark bewegt würde. Die Luft ist in den Niederungen gewöhnlich feuchter und weniger bewegt als auf den Anhöhen. Man wird nun vollkommen verstehen, warum man die letzteren aufsuchen muß, wenn es sich darum handelt, eine möglichst rasche Verdunstung in freier Luft zu erzielen.

Luft, die so viel Dampf enthält als sie bei ihrer Temperatur aufnehmen kann, heißt gesättigt. Man nennt sie z. B. halb gesättigt, wenn sie 50 Procent, zu Dreiviertheil gesättigt, wenn sie 75 Procent ihres bei der bestehenden Temperatur möglichen Feuchtigkeitsgehaltes wirklich in sich faßt. Der Sättigungsgrad bezeichnet also durchaus nicht den wirklichen, sondern nur den beziehungsweisen oder relativen Dampfinhalt. Die Luft kann z. B. in der kalten Jahreszeit (und dieß ist sogar die Regel) bei ganz geringem wirklichem Wassergehalte feuchter oder ihrem Sättigungspuncte näher sein als im Sommer bei einer weit größeren wirklichen Dampfaufnahme. Die Verdunstung wird daher in dem letzteren Falle vielleicht noch mit Lebhaftigkeit fortdauern, während sie in dem

ersteren fast aufgehört hat. So erscheint uns die Luft in den Monaten November und December meist feuchter als an einem warmen Julitage, wo sie doch nicht selten das Doppelte und Dreifache an Wasser enthält.

Über den großen Meeren ist die Luft in der Regel zu jeder Jahreszeit und unter allen Breiten ihrem Sättigungspuncte nahe. Auf dem Lande hängt ihre Feuchtigkeitsbeschaffenheit wesentlich von der des Bodens, von den Jahreszeiten, von der Windesrichtung und von der Entfernung des Meeres ab.

Alle Körper ohne Ausnahme besitzen, die einen mehr die andern weniger, das Vermögen, einen Theil der Luftfeuchtigkeit aufzunehmen. Manche Stoffe, z. B. der gebrannte Kalk, besitzen diese Eigenschaft in so hohem Grade, daß sie benutzt werden können, um die Luft vollständig auszutrocknen. Bei der Mehrzahl der Körper, und zu diesen gehören die Pflanzen, richtet sich die Wasser aufsaugende Kraft nach dem relativen Feuchtigkeitszustande oder nach dem Sättigungsgrade der Atmosphäre. In ganz feuchter Luft, gleichgültig übrigens bei welcher Temperatur, nehmen solche Stoffe die ihrer besonderen Beschaffenheit entsprechende größte Menge von Wasser auf; sie sättigen sich damit. Entfernt sich der Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre vom Sättigungspuncte, so verlieren auch die darin befindlichen Körper von ihrem Wassergehalte; sie beginnen auszutrocknen, so lange bis die Kraft, womit sie die Luftfeuchtigkeit aufsaugen, eine Kraft, die bei einem jeden Körper um so wirksamer wird,

je mehr sich sein Vorrath an verdichtetem Luftwasser bereits verminderte, sich ins Gleichgewicht gesetzt hat mit dem Verdunstungsvermögen dieses Überrestes ihres Wassergehaltes.

Enthält die Luft z. B. ¾ ihres möglichen Wassergehaltes, so wird ein von ihr umspülter Körper mehr Wasser zurückhalten, als wenn sie nur halb gesättigt ist. Nur in ganz trockner Luft, ihre Temperatur sei übrigens hoch oder niedrig, geht nach und nach alles Wasser fort, das ein Körper aufgenommen hatte. So sieht man häufig im Januar bei anhaltendem Nordwinde die Dielen, womit die Fußböden der Zimmer belegt sind, eben so stark austrocknen und zusammenschrumpfen wie mitten im Sommer.

Atmosphärische Luft, die an einem warmen Tage trocken erscheint, nähert sich während der nächtlichen Ausstrahlung ihrem Sättigungspuncte. So kommt es, daß die Pflanzen zur Nachtzeit, auch ohne daß ein feuchter Niederschlag erfolgte, schon vermöge der eigenthümlichen Kraft, womit die Natur sie bewaffnet hat, einen Theil der Feuchtigkeit wiedererhalten, die sie bei Tage verloren haben. In der Nähe größerer Wassermassen, an den Ufern der Flüsse, an den Meeresküsten, wo stets eine rasche Verdunstung vor sich geht, werden daher die Pflanzen selbst bei fehlendem Regen nicht leicht völlig austrocknen können, während im Innern der Länder der Mangel desselben durch die steigende Trockenheit der die Pflanzen umspülenden Luft sehr schnell fühlbar wird.

Wenn die Luft durch irgend welche Ursache unter diejenige Temperatur, bei welcher sie mit Feuchtigkeit gesättigt ist, abgekühlt wird, so scheidet sich ein Theil ihres Dampfgehaltes als tropfbarflüssiges Wasser ab. So sehen wir, daß kalte Körper, in die Luft gebracht, sich sehr häufig mit Wassertropfen, mit Thautropfen, beschlagen, weil sie die umgebende Luft unter deren Sättigungspunct, den sogenannten Thaupunct, abkühlen. Aus demselben Grunde beschlagen sich in bewohnten und darum gewöhnlich mit verhältnißmäßig feuchter Luft erfüllten Zimmern die Fenster, wenn es draußen kalt ist. An kalten Wintertagen erstarrt dieser Niederschlag des Dampfes aus der Luft in Eis. Man sagt dann die Fenster frieren. Es leuchtet ein, daß die Fenster in Stuben, in welche die äußere Luft einen dauernd freien Zutritt hat, oder deren Luft nicht mehr Dampf enthält als die äußere, nicht frieren können.

In Räumen, worin sehr viel Wasser verdunstet, oder welche anhaltend bewohnt und zugleich gegen beschleunigten Zutritt der äußeren Luft verwahrt sind, beschlagen bei lange dauernder kalter Witterung häufig auch die Wände. Man sagt sie schwitzen, denn nach dem Volksglauben kommt dieses Wasser aus dem Innern der Wände. In der That aber kommt es eben so wenig aus den Wänden als das an den Scheiben abgesetzte aus dem Innern des Glases. In beiden Fällen wirkt vielmehr die gleiche Ursache. Darum schwitzen auch vorzugsweise solche Wände, zu welchen die Zimmerwärme am wenigsten Zutritt hat,

wie in der Nähe des Fußbodens, in den Ecken, hinter Geräthschaften u. s. w., und welche zugleich durch die äußeren Einflüsse am schnellsten abgekühlt werden; also Wände von nur geringer Dicke und aus gut leitendem Baustoffe ausgeführt, zumal wenn sie nach Außen und gegen Norden liegen. Es giebt kein wirksameres Mittel gegen das Schwitzen der Wände und gegen das daraus häufig hervorgehende Verschimmeln, als häufiger Wechsel, wo möglich erwärmter und dadurch mehr trockner Luft.

Wenn im Winter der Boden unter 0° abgekühlt ist so gefriert, wie man weiß, darauf gegossenes Wasser. Eben so gefriert bei plötzlichem Eintritte des Südwindes der niederfallende Regen, und dann entsteht das Glatteis. Aber auch wenn es nicht regnet entzieht der kalte Boden der warmen und feuchten Südluft einen Theil ihres Dampfgehaltes und bedeckt sich mit einer dünnen Eisrinde. Dieses Eis dringt selbst in die Fluren der Häuser, wenn die Kälte vorher ebenfalls eindringen konnte. Man sieht, die Entstehung des Glatteises ist ganz ähnlich der des Gefrierens der Fenster.

In kühlen Nächten, bei uns namentlich im Spätsommer und im Herbste, bedecken sich im Freien die meisten Körper, vor Allen die Pflanzen, mit Wassertropfen, den vorzugsweise sogenannten Thautropfen. Man hat früher geglaubt, der Thau komme aus der Erde.

Ein schottischer Naturforscher, Dr. Wells, hat aber auf die überzeugendste Weise dargethan, daß der Thau ein Niederschlag aus der Luft ist. Viele, vielleicht alle

Körper, nach Sonnenuntergang ins Freie gebracht, erniedrigen ihre Temperatur bald unter diejenige der Luft und können sich unter günstigen Bedingungen selbst unter den Thaupunct derselben abkühlen. Von diesem Augenblicke an verhalten sie sich aber wie jeder andere kalte Körper der von feuchter Luft umgeben ist; sie beschlagen sich mit Wasser. Diese stärkere nächtliche Abkühlung der meisten Körper beruht auf ihrem ungleich besseren Wärmeausstrahlungs-Vermögen. Daher bedecken sich denn auch die stärksten Wärmeausstrahler unter den Körpern, wie das Gras, die Blätter der Bäume und überhaupt die Pflanzen zuerst mit Thau, dann erst kommen die Steine, der Erdboden und zuletzt die Metalle, welche man häufig noch frei von Thau sieht, während die Blätter schon mit dicken Tropfen bedeckt sind. In heiteren, wolkenfreien Nächten, unter dem sternenhellen Himmel bildet sich der Thau am leichtesten und häufigsten, weil unter diesen Bedingungen die Abkühlung durch Ausstrahlung rascher vor sich geht als bei bewölktem Himmel. Wer in der That hat nicht schon die Bemerkung gemacht, daß die klarsten Nächte verhältnißmäßig auch die kühlsten sind und die bedeutendsten Gegensätze der Tages- und Nachttemperatur herbeiführen. Auch Haare und Kleidungsstücke von Wollenzeug bethauen sich leicht unter dem klaren, nächtlichen Himmel; aber schon ein einfaches Laubdach, ein offnes Zelt gewährt bedeutenden Schutz gegen den raschen Fortgang der Ausstrahlung und vermindert zugleich mit der Abkühlung den Thauniederschlag. Aus demselben Grunde werden die

dem freien Himmel zugewendeten Seiten der Blätter immer am frühesten und auch am stärksten mit Thau benetzt.

Mäßige Luftbewegung begünstigt das Thauen, weil sie die bereits ihrer Feuchtigkeit beraubten, kalten Luftschichten entfernt und durch andere noch wärmere und an Wasser reichere ersetzt. Bei starkem Winde dagegen wird die Thaubildung unterbrochen, denn der schnelle Wechsel der kalten mit wärmerer Luft führt den durch die Ausstrahlung abgekühlten Körpern neue Wärme zu und hemmt oder verzögert doch dadurch ein Sinken der Temperatur unter den Thaupunct.

In den kurzen Nächten des Frühsommers erniedrigt sich die Temperatur der Körper bei uns seltener unter den Thaupunct der Luft. Aber schon bei der zunehmenden Länge der Nächte gegen Ende Juli und mehr noch im August und September bringt jede helle Nacht einen reichlichen Thauniederschlag. Im October schreitet die Abkühlung durch Ausstrahlung nicht selten sogar unter 0° fort; dann erstarrt der aus der Luft niedergeschlagene Wasserdampf: es reift. Wie oft sieht man kurz vor dem Eintritte des Winters und beim Beginne des Frühjahrs das Gras auf den Wiesen (als Beweis seines starken Ausstrahlungsvermögens) mit Reif überzogen, während nirgends sonst die Temperatur unter den Gefrierpunct gesunken ist.

Unter dem klaren Himmel der tropischen Zone sind

die Thauniederschläge oft so reichlich, daß man ihre Wirkung der eines mäßigen Regengusses gleich setzen kann.

Die bisher betrachteten Niederschläge der Luftfeuchtigkeit entstehen nur durch Vermittlung fester Körper, welche in die Luft tauchen und an deren Oberfläche. Wenn die Abkühlung der Luft unter den Thaupunct gleichzeitig durch ihre ganze Masse geschieht, so fließt das sich ausscheidende Wasser gewöhnlich nicht gleich tropfenförmig zusammen, sondern es bilden sich Bläschen (Dunst- oder Nebelbläschen) die ähnlich den Seifenblasen in der Luft schweben und deren überaus dünne, aus wirklichem Wasser bestehenden Wände, mit Feuchtigkeit gesättigte Luft umschließen. Dieß ist der Rauch oder sogenannte sichtbare Dampf der aus dem heißen Wasser aufsteigt, oder den die ausgeathmete Luft bei kaltem und zumal feuchtem Wetter bildet. Wenn es warm und die Luft trocken ist, bildet der Athem keine Wolke vor dem Munde, weil das Gemenge der feuchten ausgeathmeten mit der trockneren äußeren Luft, welches sogleich entsteht, nicht unter den Thaupunct abgekühlt wird. Auch der wirklich gebildete Niederschlag, wenn er entsteht, verschwindet gewöhnlich bald wieder, d. h. er tritt in den eigentlichen Dampfzustand zurück, so wie er sich in einer größeren Luftmasse ausgebreitet hat, welche die zu seiner Aufnahme in Dampf- oder Gasgestalt hinlängliche Capacität besitzt.

Auf derselben Ursache beruht das Dampfen der Flüsse an kühlen Abenden, wobei man bei näherer Untersuchung

immer gefunden hat, daß die Temperatur des Wassers höher war als die der darüber schwebenden Luft. Eben dahin gehören die Morgennebel über feuchtem Boden, über den Wiesen, an waldigen Gebirgsabhängen. Aus der Entfernung gesehen scheinen solche Nebelmassen zu ruhen. Der Vorgang gleicht aber aufs Genaueste dem des aus einem Behälter verdampfenden Wassers. Die aufsteigenden Dämpfe werden zuerst theilweise niedergeschlagen und lösen sich dann durch Mengung mit einer größeren Luftmasse wieder auf. In trockner, warmer Luft entstehen sie gar nicht, ungeachtet dann der Verdunstungsproceß am rascheſten vor sich geht. Ist aber die Luft ohne dieß schon ziemlich feucht, so bilden sie sich in dichten Massen und breiten sich weit aus. Darum schließt man aus den an niedrigen Bergen hängenden, an Umfang mehr und mehr zunehmenden Nebelstreifen auf den baldigen Eintritt von Regenwetter.

Nebel entstehen in Deutschland häufig im Frühjahr, am häufigsten aber im Herbste, wenn durch den Wechsel warmer, die Verdunstung begünstigender Tage mit kühlen Nächten eine allgemeine Erniedrigung der Luft unter ihren Thaupunct herbeigeführt wird. Diese Ausscheidung der Luftfeuchtigkeit in Nebelbläschen und das Zusammenfließen der letzteren in wirkliche Wassertropfen, die dann zufolge ihres größeren Gewichtes rasch niedersinken, geht um so vollständiger vor sich, eine je stärkere nächtliche Abkühlung statt findet. Eine starke Abkühlung durch Ausstrahlung setzt aber eine sehr reine, also in den höhern

Schichten dunstfreie Luft, mithin in Deutschland vorzugsweise Nordostwind voraus. Darum schließt man aus dem Niederfallen des Morgennebels auf den Bestand des schönen Wetters. Eine geringe nächtliche Abkühlung in den Herbstmonaten ist meist die Folge einer durch Dunst-Niederschläge bereits mehr oder weniger getrübten Atmosphäre. Der Südwest-Strom ist in den oberen Regionen bereits eingetreten, wenn auch die Windfahne noch Ostwind anzeigt. Bei steigendem Übergewicht bewirkt der rasch fließende obere Strom ein Aufsaugen der Luft von unten nach oben. Die durch eine mäßigere nächtliche Abkühlung gebildeten leichten Nebel werden dann mit in die Höhe gerissen.

Das Aufsteigen des Morgennebels, zumal bei gleichzeitigem Sinken des Barometers, gilt daher nicht mit Unrecht als ein Vorbote regnerischer Witterung.

Die Wolken sind Nebelmassen in der Höhe; sie entstehen durch Abkühlung der oberen mit Feuchtigkeit gesättigten Luftschichten, wie die Nebel durch abkühlende Einflüsse an der Oberfläche der Erde. Gleich wie die in der Kälte ausgeathmete Luft den sichtbaren Hauch erzeugt, so bilden sich Wolken durch Vermengung der feuchten Südluft mit dem kalten nördlichen Strome.

Wenn man, während es regnet, auf dem Gebirge in die Region der Wolken eintritt, sieht man sich plötzlich von dichten Nebelmassen umgeben und man erkennt die feinen Tröpfchen des fallenden Nebels. Aber diese Tröpfchen werden größer je tiefer sie fallen. Gleich wie jeder

kalte Körper den man in feuchte Luft taucht, schlagen sie Wasser auf ihrer Oberfläche nieder, während sie durch die unteren, wärmeren und mit Feuchtigkeit gesättigten Luftschichten sinken. Der auf den Boden niederfallende Regen stammt also nicht bloß aus der in der Höhe schwebenden Wolke, diese bildet nur den höchsten Erzeugungsort desselben, aber die ganze dazwischen liegende Luftmasse trägt zu seiner Vermehrung bei. Man findet daher einen sehr großen Unterschied in der Regenmenge, welche während gleicher Zeit auf einem Berge, oder auch nur auf der Höhe eines Thurmes und am Fuße desselben aufgefangen wird. So berichtet Dove, daß die jährlich fallende Regenmenge auf dem Dache des königlichen Schlosses zu Berlin 18 Zoll, auf dem Pflaster des Schloßplatzes hingegen 20 Zoll beträgt.

Wenn die feuchte Luft in den oberen Schichten unter die Temperatur des Gefrierpunctes abgekühlt wird, so erstarrt der gebildete Niederschlag; es fällt Schnee. Nicht selten bemerkt man, daß es in den Niederungen regnet, während auf den Gebirgen Schnee fällt. Der Regen war dann ebenfalls als Schnee aus der feuchten Luftmasse ausgeschieden worden, aber während des Niedersinkens durch die unteren, wärmeren Schichten der Atmosphäre wieder aufgethaut. Oft ist dieses Aufthauen nicht vollständig, dann schneiet es und regnet zugleich; oder die Schneeflocken, nur erweicht, ballen sich zusammen und bilden Graupelkörner, diese so gewöhnliche Erscheinung beim Übergang des Winters zum Frühjahr. Graupeln

werden im Sommer nur auf hohen Bergen bemerkt. Es ist wahrscheinlich, daß der Hagel ursprünglich aus zusammengeballten Schnee- oder Graupelkörnern besteht, die sich in sehr hohen Regionen der Atmosphäre gebildet haben, und um welche sich erst während des Niedersinkens durch Dunstniederschlag aus der feuchten Luft die durchsichtige Eisrinde anlegt, welche den bei fast jedem Hagelkorn wahrnehmbaren inneren weißen Kern umgiebt. Hagelkörner von sehr beträchtlicher Dicke mögen, wie Dove meint, durch Wirbelwinde, die so gewöhnlichen Begleiter der Gewitter und Hagelwetter, längere Zeit in der Luft erhalten worden sein. Die Hagelschläge sind vorzugsweise Erscheinungen des Sommers und der gemäßigten Zone. Man hat sie zu allen Tageszeiten, jedoch am häufigsten nach Mittag bemerkt. Manche Gegenden sind mehr als andere davon heimgesucht, und wo ein Hagelwetter erfolgt verbreitet es sich gewöhnlich nur über einen schmalen Strich Landes. Über die näheren Bedingungen dieses Verhaltens sind die Meteorologen bis jetzt noch sehr im Dunkeln.

An den Gipfeln sehr hoher Gebirge, z. B. der Alpen, bemerkt man einzelne Wolken oft tagelang, scheinbar unbeweglich anhängen. Sie sind aber in fortdauernder Bewegung gleich wie die feuchte Luft aus der sie sich bilden, wenn dieselbe an den kalten vielleicht mit Schnee bedeckten Höhen vorüberströmt. Mit dieser Luft fließen sie weiter und vergehen wieder sobald sie aus der abkühlenden Einwirkung heraustreten; meistens jedoch nicht ohne

einen Theil des bewirkten Niederschlags als Regen- oder Schneefall zurückzulassen. So erscheinen die Alpen oft viele Tage hindurch in dichtes Gewölke eingehüllt, aus welchem sich täglich heftige Regengüsse entladen, während über den warmen Ebnen des Po-Thals, ungeachtet des anhaltenden Südwindes, nicht einen Augenblick der Himmel getrübt wurde. In ähnlicher Weise ziehen alle Hochgebrige das Wasser aus der Luft, auch wenn es in dem Flachlande nicht regnet. Sie bilden daher in allen Welttheilen die Hauptsammelpuncte der atmosphärischen Gewässer und die wichtigsten Ernährer der Flüsse.

Die ausgedehnten Ebnen des nördlichen Indiens sind während des Sommers bekanntlich glühend heiß und trocken. Die von dem erhitzten Boden aufsteigenden Luftströme verhindern die Bildung atmosphärischer Niederschläge. Das atmosphärische Wasser, welches durch südliche Winde (den Sommer-Mousson) aus dem indischen Ocean ununterbrochen zugeführt wird, kann sich daher erst in dem Himaleyn-Gebirge, welches in einer Länge von 345 Geogr. Meilen, fast genau von Ost nach West sich erstreckend, die Gränze von Indien bildet, absetzen. Hier wird es aber auch so vollständig zurückgehalten, daß der Südwind, nachdem er das Gebirge überschritten hat, fast ausgetrocknet in das innere Asien gelangt. Die Steppenländer von Mittelasien bilden daher zum großen Theile trockne, unfruchtbare Wüsten, mit sehr heißen Sommern und strengen Wintern.

Ein großer Theil des Einflusses der Hochgebirge auf

die Luftfeuchtigkeit läßt sich in den Flachländern durch sorgfältige Pflege der Waldungen erzielen. Die Wälder sind natürliche Sammler der Luftfeuchtigkeit. Durch die Auflockerung des Bodens, welche sie bewirken, durch die zahlreichen niedrigeren Pflanzen die unter ihrem Schutze gedeihen, verhindern sie, selbst bei abschüssigem Boden den raschen Abfluß des Regenwassers. Dem Luftstrome setzen sie zahlreiche Hemmnisse entgegen und verzögern dadurch die Wegführung der Feuchtigkeit durch austrocknende Winde. Unter dem Schatten ihres Laubdachs wird die Hitze des Sommers gemäßigt und nur spärlich eindringende Sonnenstrahlen vermögen das Wasser von dem Boden abzulecken und mit dem warmen Luftstrome in die Höhe zu führen. Weil zugleich die durch die Wurzeln aus der Erde gesogene Feuchtigkeit, durch Blätter und Zweige als Dampf wieder ausgehaucht wird, bleibt die Luft in den Wäldern stets feuchter und dem Thaupuncte näher als über der waldlosen Fläche. Während daher von dem vertrockneten Boden der letzteren warme Luft sich erhebt, muß sich abgekühlte und feuchtere Luft aus der Höhe auf die kühlere Waldfläche wieder herabsenken. Alle Bedingungen zur Bildung atmosphärischer Niederschläge treffen darum über den Wäldern häufiger als über dem unbewaldeten Boden zusammen.

Wenn die mit Wasserdampf gesättigte Südluft über einen trocknen, von der Sonne erhitzten Boden fließt, so kann nicht leicht ein Niederschlag erfolgen; bereits vorhandene Wolken, indem sie sich in die warmen unteren

Schichten der Atmosphäre herabsenken, werden vielmehr wieder aufgelöst. Der ausgedorrte, warme Boden stößt den Regen ab. Wo aber die Temperatur durch den Einfluß der Wälder gemildert und die Luft durch das ununterbrochen verdunstende Wasser ohnedieß mit Dampf reichlich angefüllt ist, wird sie durch die niedersinkende Wolke bald ganz gesättigt sein; es wird regnen. Nicht mit Unrecht sagt man daher: Wälder ziehen den Regen an; gleich wie man sagt: Gebirge und breite Ströme ziehen den Regen an. Eben so wahr ist es, daß die Wolken den Wäldern, gleich wie den Bergen nachziehen, denn in der kühlen und feuchten Atmosphäre, welche über dem Walde schwebt, wird die Wolkenbildung begünstigt; wenn aber die erzeugte Wolke, vom Winde getrieben, jenseits des Waldes unter den Einfluß einer vom trocknen Boden aufsteigenden wärmeren Luft gelangt, lös't sie sich wieder in unsichtbaren Dampf auf.

Umgekehrt findet man, daß über einzelnen unbewaldeten Inseln mitten im Meere der Himmel wolkenlos bleibt, während ringsum sich dichtes Gewölke ansammelt, weil der von einem durch die Sonnenstrahlen erhitzten Boden aufsteigende Luftstrom die Dampfcapacität der oberen Luftschichten vorübergehend erhöht. Die canarischen Inseln waren zur Zeit ihrer Entdeckung mit dichten Wäldern bedeckt und von dem üppigsten Grün überwuchert. Diese Wälder wurden von den ersten Ansiedlern größtentheils verwüstet und ausgebrannt. Die Folge

war Verminderung des Regens, Abnahme der Quellen und Bäche.

So äußert die Ausrottung oder auch nur die Verminderung der Wälder überall einen auffallenden Einfluß auf den Feuchtigkeitszustand der Länder. So haben viele im Alterthum durch ihre üppige Fruchtbarkeit bekannte Gegenden mit ihren Wäldern zugleich auch einen Theil ihres blühenden Zustandes verloren, und sind theilweise selbst in Wüsteneien verwandelt worden. Aber man wird auch einsehen, daß durch allmähliges Anpflanzen von Bäumen viele bisjetzt öde und unfruchtbare Gegenden unserer Erde kulturfähig und bewohnbar würden gemacht werden können.

Über den Meeren ist die Luft im Allgemeinen feuchter als auf dem Lande; am trockensten in der Region der Passate. Sie strömt dort von kälteren nach wärmeren Gegenden und wird daher, indem während ihres Fortschreitens ihre Temperatur beständig zunimmt, mehr und mehr befähigt Wasserdampf aufzunehmen. Innerhalb der Gränzen des Passats ist daher die Atmosphäre heiter, der Regen selten. Aber zwischen dem Nordost-Passat und Südost-Passat im Gürtel der Windstillen, da, wo sich die Meeresfläche am stärksten erwärmt und wo daher fortdauernd eine mit Wasser fast gesättigte Luft sich erhebt, in der Höhe sich ausdehnt und dadurch allmählig sich bis unter den Thaupunct abkühlt, regnet es regelmäßig jeden Nachmittag. Die Gegend der Windstillen rückt, wie man weiß, mit der Sonne aufwärts und wieder herab; wo sie sich gerade befindet tritt die Regenzeit ein, wo der

Passat herrscht, die trockne Zeit. Zwischen beiden Perioden findet ein regelmäßiger Wechsel statt, in der Weise, daß die erstere allemal mit dem höchsten, die letztere mit dem niedrigsten Stande der Sonne zusammenfällt. Darum regnet es in Westindien während der Sommermonate und ist trockner im Winter. In Brasilien fällt aber die Regenzeit mit der trocknen Zeit der nördlichen Halbkugel und umgekehrt zusammen. Ein großer Theil dieser Sommerregen wird durch die Westwinde der oberen Regionen in das Innere von Afrika getrieben. Weil aber der Gürtel der Windstillen im atlantischen Ocean immer auf der nördlichen Seite des Äquators bleibt, so sind es vorzugsweise die in der nördlichen tropischen Zone liegenden Theile von Afrika in welchen es im Sommer regnet. Der Südwesten von Afrika dagegen zeichnet sich durch große Trockenheit aus. Auch über dem heißen Boden der Sahara wird die Atmosphäre nur selten unter ihren Thaupunct abgekühlt. Dort regnet es daher fast niemals.

Der untere Passat, der trockne Wind, wird, wie man weiß, im Sommer noch nördlich von den Wendekreisen angetroffen. In der Gegend der Wendekreise ist es daher im Sommer trocken. Aber im Herbste senkt sich der obere Passat, der Regenwind, allmählig immer tiefer und tiefer herab und erreicht im Winter in der Breite der canarischen Inseln den Boden. An den Gränzen der tropischen Zone fällt daher die Regenzeit mit dem niedrigsten Stande der Sonne zusammen. Auch an der Nordküste von

Afrika und im Süden von Europa bemerkt man einen ziemlich regelmäßigen Wechsel einer trocknen mit einer nassen Zeit, aber die erstere verkürzt sich bei zunehmender Breite mehr und mehr auf einen Theil des Sommers, weil die Südwestwinde, je weiter nördlich um so früher den Boden erreichen. Im mittleren Europa, in Deutschland, kennt man keine regelmäßig eintretende trockne Zeit mehr. Es kann zu allen Zeiten Regenwetter eintreten, je nachdem gerade der Nordost oder der Südwestwind das Übergewicht hat. Herbst und Frühjahr regnet es bei uns am häufigsten, die heftigsten und reichlichsten Regengüsse kommen jedoch in der Mitte des Sommers.

Man hat die an verschiedenen Orten fallenden Regenmengen nach der Höhe verglichen, womit sie, das ganze Jahr über angesammelt, den Boden bedecken würden. Hiernach beträgt z. B. die mittlere Regenmenge in

Namen des Ortes:	Regenhöhe Par. Zoll:	Regentage.
Bergen in Norwegen	83″	
Stockholm	19″,2	
Petersburg	21,5	167
England: Westküste	35	
„ Ostküste	24	
Frankreich, Niederlande: Westküsten	25	
Paris	21,3	160
Montpellier	30,4	85
Franecker	28,6	172
Göttingen	24,9	162
Berlin	19,6	171
Karlsruhe	25,5	174

Namen des Ortes:	Regenhöhe Par. Zoll:	Regentage.
Tübingen	24,0	110
Regensburg	21,0	130
Augsburg	36′7	148
Tegernsee	43,0	170
Prag	15,4	109
Wien	16,0	114
Osten von Europa	15,0	
Zürich	32″,2	
Bern	43,3	
Genf	28,5	103
Große St. Bernhard	55,5	107
Mailand	35,5	
Rom	29,3	120
Neapel	35,0	
Palermo	20,8	
Funchal	27,3	
Cuba	86,0	
Guadeloupe	274,2	
Cayenne	109,9	
Maranhao	259,8	
Peru	0	
Iran	0	
Punah, Hochebne von Indien	22″,0	
Bombay	75,7	
Mahabuleshwar *)	283,3	
Kandy (Ceylon)	68′9	

*) Mahabuleshwar am Westabhange des Ghats unfern Bombay ist, so viel man weiß, der Ort der Erde, wo der meiste Regen fällt; und diese ungeheure fast 24 Fuß hohe Wassermenge kommt fast ganz auf die Monate Juni, Juli, August und September.

Sechszehnter Vortrag.

Von der Luftelectricität und von dem Gewitter.

Wir dürfen diese Darstellung der Ursachen atmosphärischer Niederschläge und der Bedingungen ihres Auftretens nicht schließen, ohne zuvor unsere Aufmerksamkeit der Erscheinung des Gewitters zuzuwenden, des so häufigen Vorläufers und Begleiters heftiger Regengüsse.

Das Gewitter ist, wie jetzt Jedermann weiß, eine großartige electrische Erscheinung, eine Erscheinung ähnlicher Art wie die, welche wir in physikalischen Kabinetten mit Hülfe der Electrisirmaschine und der Leidner Flasche künstlich hervorrufen, und welche wir als Wirkungen einer eigenthümlichen Naturkraft, der Electricität, betrachten. Wir können hier, wenigstens im Allgemeinen, wohl als bekannt voraussetzen: daß man sich die Electricität gewöhnlich als ein mit eigenthümlichen Kräften behaftetes, äußerst flüchtiges Wesen vorstellt; als eine Flüssigkeit, die sich ähnlich wie die Luft ins Unbegränzte auszudehnen strebt und demzufolge bei ihrem Vorkommen, je nach den Umständen sehr ungleiche Grade der Dichtigkeit besitzt; daß sie bei ihrem Bestreben sich auszubreiten von manchen Körpern, den Nichtleitern, z. B. von der Luft, mehr oder weniger zurückgehalten wird, während sie andere, die Leiter, z. B. Wasser, Metalle, feuchte Erde u. s. w. mit Leichtigkeit durchströmt und sich jedes-

mal an der Oberfläche derselben ansammelt, wenn sie durch nichtleitende Umgebungen verhindert wird sich weiter zu bewegen; daß man ferner nach den Ansichten der meisten Naturforscher zweierlei electrische Flüssigkeiten annimmt, die positive und die negative, die zwar jede für sich betrachtet, ganz gleiche Eigenschaften zu besitzen scheinen, sich aber dennoch dadurch wesentlich unterscheiden, daß, während die mit gleichartiger, z. B. mit positiver Electricität behafteten Körpertheile einander abstoßen, je zwei mit ungleichartigen Electricitäten behaftete Körper, der eine nämlich mit positiver, der andere mit negativer, einander anziehen.

Man nennt einen Körper electrisch, wenn er vorzugsweise mit der einen oder mit der andern electrischen Flüssigkeit beladen ist. Alle Körper im gewöhnlichen, d. h. im unelectrischen Zustande enthalten gleichmäßig beide Electricitäten, die eben dadurch ihre Wirkungen nach Außen wechselseitig aufheben und folglich unwahrnehmbar bleiben. Befindet sich aber ein electrischer Körper in der Umgebung eines unelectrischen, so wird in dem letzteren die gleichartige (d. h. die mit der Electricität des benachbarten electrischen Körpers übereinstimmende) abgestoßen und die ungleichartige angezogen; dadurch aber werden beide getrennt und können jede zur selbstständigen Wirkung gelangen.

Die Erscheinung des electrischen Funkens bezeichnet den Augenblick des Übergangs ungleichartiger (einander anziehender) Electricitäten zu einander durch eine,

beide trennende Luftschicht, und ihrer Vereinigung zu dem oben erwähnten natürlichen oder unwahrnehmbaren electrischen Zustande.

Benjamin Franklin hat zuerst mit Bestimmtheit nachgewiesen, daß sich die electrische Entladung einer Gewitterwolke, der Blitz, von dem mittelst der Electrisirmaschine erzeugten Funken, nur hinsichtlich der Stärke unterscheidet. Er machte darauf aufmerksam, daß das Zickzack des Blitzes mit dem eines kräftigen electrischen Funkens, der aus einiger Entfernung überspringt, die auffallendste Ähnlichkeit hat; daß der Blitz am häufigsten in hohe, hervorragende Gegenstände, in die Gipfel der Berge, die Masten der Schiffe, in hohe Bäume, Thürme u. s. w. einschlägt, gleich wie auch der electrische Funken auf die hervorspringendsten Theile der nahe liegenden Körper am leichtesten übergeht; daß der Blitz vorzugsweise solche Körper aufsucht, die gute Leiter der Electricität sind, wie Metalle, Wasser u. s. w., dagegen die Nichtleiter vermeidet; daß er endlich ganz so wie ein sehr starker electrischer Funken, verbrennliche Körper entzündet, schmelzbare schmilzt, spröde zersplittert, das thierische Leben zerstört.

Franklin zeigte aber auch durch directe Versuche, daß sich die Gewitterwolken ganz so wie Leiter verhalten, die mit Electricität beladen und durch die umgebende Luftmasse isolirt sind, d. h. außer leitender Verbindung mit der Erde stehen. Während sich eine Gewitterwolke bildete, ließ er einen Drachen aufsteigen der mit einer

Drahtspitze versehen war. Mittelst des befeuchteten und dadurch leitend gewordenen Fadens oder mittelst eines sehr feinen Metalldrahts der von der Drahtspitze herablief und mit dem Faden verflochten war, gelang es ihm dann, Electricität aus der Wolke herabzuziehen und damit alle die Versuche anzustellen, die man sonst unter Beihülfe einer Electrisirmaschine auszuführen pflegt. Diese Versuche sind nach der Hand an vielen Orten wiederholt und bestätigt worden.

Mit Hülfe derselben Vorrichtung, des electrischen Drachens, hat man sich überzeugt, daß nicht nur die schweren Gewitterwolken, sondern daß alle Wolken electrisch sind, ja daß selbst die trockne Luft zu jeder Zeit Electricität in Menge, jedoch nur von sehr geringer Dichtigkeit enthält. — Mancherlei Vorgänge auf der Erde können denkbarer Weise dazu beitragen, Electricität zu erzeugen und in der Luft zu zerstreuen: wie die Reibung des Windes und des verdunstenden Wassers an den festen Körpern, der Verbrennungsproceß u. a. m. Welcher Vorgang als hauptsächlichste Quelle der Luftelectricität zu betrachten sei, ist jedoch bisjetzt keineswegs aufgeklärt.

Bilden sich Wolken, d. h. feuchte Niederschläge, welche die Electricität leiten, umgeben von der nicht leitenden atmosphärischen Luft, so sammelt sich die im Umfange derselben vorher schon vorhandene Electricitätsmenge allmählig an ihrer (der Wolke) Oberfläche an, ganz so, wie man es bei jedem anderen isolirten Leiter wahrnimmt, welchem Electricität mitgetheilt wird. Diese

electrischen Ladungen werden aber meistens durch Regen und Schnee, ohne irgend auffallende Erscheinungen zur Erde abgeleitet. Nur wenn die Wolkenmasse sehr groß, der Wasserniederschlag in ihrem Innern rasch erfolgend und sehr bedeutend ist, folglich die innere Masse auf kurze Zeit einen vortrefflichen Leiter darstellt, können sich hinlängliche Electricitätsmengen mit Schnelligkeit an der Oberfläche anhäufen und in dem Grade verdichten, daß eine gewaltsame Entladung, ein Überspringen des Funkens auf andere Wolken, oder auch auf die Erde durch die dazwischen liegenden Luftschichten erfolgen muß, bevor noch die allmählige Ableitung durch den Regen eintreten konnte.

Der Blitz ist gewöhnlich von einem heftigen Getöse, dem Donner, begleitet. Es ist Folge der Erschütterung, welche der Blitz bewirkt, indem er die Luft durchbricht, und hat gleichen Ursprung mit dem Knistern des kleinsten electrischen Funkens. Durch den Wiederhall des Donners an den Bergen und andern Erhabenheiten, ja an den Wolken selbst, entsteht das Rollen und lange Nachhallen desselben. — Jedes Geräusch bedarf erfahrungsmäßig Zeit, um sich von seinem Ursprunge auf die Entfernung hin hörbar fortzupflanzen. In der Luft beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls etwas über 1000 Fuß auf die Secunde Zeit. — Lichtempfindungen aus irdischer Quelle, also auch die des Blitzes, wenn sie überhaupt für das Auge erreichbar sind, werden schon im Augenblicke ihrer Entstehung wahrgenommen. Die

Anzahl Secunden, welche zwischen der Erscheinung des Blitzes und der des Donners liegen, deuten daher ungefähr an, wie viel mal tausend Fuß der Ort, wo man den Donner hört von dem entfernt liegt, wo man den Blitz gesehen hatte.

Jede Gewitterwolke läßt sich, wie schon erwähnt, einem mit Electricität beladenen und durch die umgebende Luft isolirten Leiter vergleichen. Umgiebt man einen isolirten electrischen Leiter mit verschiedenartigen Stoffen, guten und schlechten Leitern, so wird der natürliche electrische Zustand in allen ohne Ausnahme gestört, die gleichartige Flüssigkeit abgestoßen, die ungleichartige angezogen. Der hieraus hervorgehende Druck der angehäuften, gespannten Electricität gegen den Nichtleiter der sie zurückhält, gegen die Luft, nimmt zu, je mehr sich der electrische Körper und seine Umgebungen einander nähern. Die vorausgegangene Vertheilung der beiden im natürlichen Zustande verbundenen Electricitäten tritt jedoch in denjenigen Körpern der Umgebung am schnellsten und vollständigsten ein, welche die beste Leitfähigkeit besitzen und außerdem in der innigsten leitenden Verbindung mit dem Boden, dem allgemeinsten und größten Ableiter, stehen. Der electrische Funke kann dennoch allerdings auf jeden Körper in der Umgebung des isolirten electrischen Leiters überspringen, er wird aber denjenigen am sichersten treffen, der bei großer Nähe zugleich am geeignetsten ist, die Electricität rasch in den Erdboden abzuführen.

Diese Folgerungen lassen sich, gleich wie auf jeden

isolirten electrischen Leiter, so auch auf die Gewitterwolken beziehen. So oft eine schwere Wolke über die Erde zieht, muß der natürliche Zustand aller unter ihr befindlichen Erdkörper aufgehoben werden. Die auf solche Weise auf den hervorragenden Stellen der Erde entwickelte ungleichartige (angezogene) Electricität häuft sich allmählig an, je näher die Wolke rückt und nimmt eben so allmählig wieder ab, wenn sich die Wolke entfernt. Ein Mensch, diesem Einflusse ausgesetzt, würde nichts davon empfinden; aber durch plötzliche Entladung der Wolke nach einer ganz andern Richtung, wodurch ihre Wirkung auf die Erde eben so plötzlich aufhören müßte, könnte er, ohne selbst vom Blitze getroffen zu sein, durch bloßen Rücktritt der in ihm angesammelten Elertricität, durch den sogenannten Rückschlag, eine sehr heftige und selbst lebensgefährliche Erschütterung erleiden.

Je mehr Electricität eine Gewitterwolke enthält, je mehr sie sich den Erdkörpern nähert, je feuchter und besser leitend die zwischen beiden befindliche Luftschicht ist, je besser die Erdkörper selbst leiten, je vollständiger ihre leitende Verbindung mit großen Massen feuchten Erdreichs oder mit fließendem Wasser, um so leichter wird die der Wolken-Electricität gleichartige Flüssigkeit zurückgedrängt, die ungleichartige angezogen und auf der Oberfläche der Körper verdichtet; um so wahrscheinlicher ist folglich der Eintritt einer electrischen Entladung.

Zu dieser Entladung, zum Überspringen des Blitzes, tragen also beide Electricitäten, die in der Wolke ange-

häufte, und die entgegengesetzte an der Oberfläche der Erde, gleichmäßig bei; und man könnte mit gleichem Rechte sagen: der Blitz fährt von der Erde gegen die Wolke, wie man sagt: er fällt von der Wolke gegen die Erde nieder. In der That treten beide zu einander über; und wo die eine fehlt, wo z. B. in Folge einer nicht leitenden Beschaffenheit der Erdkörper, der erwähnte electrische Vertheilungsproceß nur unvollständig vor sich gehen könnte, würde auch das Einschlagen des Blitzes nicht zu befürchten sein.

Wenn dagegen unter verschiedenen Erdkörpern in der Nähe einer sich befindet, der bei weitem besser als alle übrigen leitet, wenn derselbe zudem über die Erde hervorragt, und doch mit dem feuchten Boden in der besten leitenden Verbindung steht, so wird der niederfahrende Blitz diesen vor allen am wahrscheinlichsten aufsuchen.

Unter einem Blitzableiter versteht man einen solchen Leiter, von dem sich mit Sicherheit annehmen läßt, daß er vor allen andern in seiner Umgebung sich vorzugsweise darbieten werde, um den Übergang der Wolken- und Erd-Electricität zu einander zu vermittlen. Die wesentlichen Erfordernisse eines Blitzableiters ergeben sich bei gehöriger Berücksichtigung der bekannten Eigenschaften der electrischen Flüssigkeit sehr leicht. Die Metalle sind dazu das geeignetste Material, indem sie die übrigen Körper ohne allen Vergleich an Leitfähigkeit übertreffen. Unter den Metallen würde wieder das Kupfer als eine

der vorzüglichsten Leiter zu wählen sein; gewöhnlich wird aber das Eisen, wegen größerer Wohlfeilheit, vorgezogen.

Dieser metallische Leiter muß nun über die höchsten Puncte des zu schützenden Gebäudes hervorragen, in ununterbrochner metallischer Verbindung bis zur feuchten Erde oder zu fließendem Wasser herabgehen, demselben eine möglichst große Anzahl Berührungspuncte darbieten, um den Übergang der Electricität zu erleichtern, und endlich seiner ganzen Länge nach von erfahrungsmäßig hinreichender Dicke sein, so daß selbst die größte Menge von Electricität, die möglicher Weise aus einer Gewitterwolke hervortreten kann, indem sie ihren Weg durch den Blitzableiter nimmt, durch diesen weniger als durch irgend andere Körper in der Nähe aufgehalten wird. — Der Blitz trifft häufig einzeln stehende Bäume, weil diese, indem sie sich zu bedeutender Höhe erheben und ihre Wurzeln theils tief in die Erde senken, theils nach verschiedenen Richtungen verzweigen, wahre Gewitterableiter sind. Sie besitzen jedoch diese Eigenschaft nur in unvollkommenem Grade, daher dieselbe zuweilen für diejenigen verderblich wird, welche Schutz unter Bäumen suchen. Als mittelmäßige Leiter gestatten sie der Electricität keinen sehr schnellen Durchgang, daher der Blitz auf bessere Leiter, wie Menschen und Thiere, wenn sie sich in der Nähe befinden, leicht theilweise überspringt und durch diese den Weg nach der Erde sucht.

Auch das Wasser leitet schlechter als lebende Thiere. Die Gefahr, vom Blitz getroffen zu werden, wird folglich

für diese in der Nähe des Wassers eher vergrößert als verringert.

Ganz anders verhält es sich mit dem metallischen Ableiter von hinlänglicher Dicke. Diesen verläßt der Blitz niemals, auch wenn die ableitende Metallstange auf Holz oder Stein unmittelbar aufliegt, ja wenn sie unmittelbar durch Wasser gehen sollte; selbst dann nicht, wenn man die Stange mit der Hand umspannte, denn kein anderer Körper kann der Electricität einen rascheren Durchgang gewähren. Nur die Möglichkeit eines Mangels an metallischem Zusammenhange oder eines unvollkommenen Übergangs zu dem feuchten Boden könnte es rathsam machen, sich während eines Gewitters von dem Ableiter entfernt zu halten.

Wenn jedoch ein Blitzableiter die oben verlangten Eigenschaften nicht besitzt, wenn er z. B. nicht dick genug ist, so tritt nicht nur Gefahr der Erwärmung und selbst der Schmelzung ein, sondern es kann auch wegen dieser verminderten Leitfähigkeit ein Abspringen eines Theils des Blitzes auf nahe liegende Körper stattfinden. Ein solcher fehlerhaft hergestellter oder in Unordnung gerathener Ableiter kann nun freilich keine vollkommene Sicherheit gewähren; irrig würde jedoch die Vorstellung sein, daß er die Gefahr vermehre, indem er sie herabziehe, ohne doch vor ihr schützen zu können.

Der mangelhafte Gewitterableiter hört vielmehr eben darum auf Sicherheit zu gewähren, weil er vergleichungsweise zu seiner nächsten Umgebung nicht mehr eine

überwiegende Anziehung auf die Wolkenelectricität ausüben kann. Er wird demnach in keinem Falle die Gefahr mehr herbeirufen können, als dieß überhaupt von guten Leitern geschieht, z. B. von den Schornsteinen wegen ihrer Rußbekleidung und der darin aufsteigenden feuchten Dünste, von den eisernen Stubenöfen, den Dachkandeln, Metallbedachungen und überhaupt von größeren Metallmassen, die doch bei jedem Gebäude in Menge und ohne Bedenken verwendet werden.



G

13592 Mä

er

aphie

NAME OF BORROWER.